

Психология труда, инженерная психология, когнитивная эргономика

Научная статья
Статья в открытом доступе
УДК 331.101.1: 004.512.3
doi: 10.30987/2658-4026-2024-3-320-328

Исследование линейности цветовосприятия человека в графическом интерфейсе систем управления

Екатерина Владиславовна Борович^{1✉}, Виктор Эдмундасович Янчус², Антонина Евгеньевна Хейфиц³

^{1,2,3} Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая 29, Санкт-Петербург, 195251, Россия

¹ plasma5210@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6263-3901>

² victorimop@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7220-0819>

³ antoni.t-h@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8780-8277>

Аннотация.

Исследование направлено на изучение процесса восприятия человеком зрительной информации в условиях взаимодействия с некоторым интерфейсом. В статье авторы описывают экспериментальное исследование линейности цветовосприятия человека в графическом интерфейсе систем управления при наблюдении цветных пиктограмм в условном интерфейсе. Для анализа работы механизма восприятия зрительной информации используется информационная модель зрительного восприятия. Особенности восприятия зрительной информации человеком могут носить как индивидуальный характер, связанный с конкретным индивидом, так и внешний характер, связанный с системными помехами прямого взаимодействия оператора с интерфейсом. В работе определены факторы исследования и описана методика подготовки стимульного материала с использованием языка программирования Processing. В качестве инструментальных средств проведения эксперимента используется программно-аппаратный комплекс, фиксирующей глазодвигательную активность Eye-tracker SMI RED 250. Актуальность исследования определяется важностью создания эффективных пользовательских интерфейсов систем управления сложными объектами и недостаточной изученностью вопросов адаптации интерфейсов под особенности восприятия зрительной информации человеком на перцептивном уровне восприятия. Полученные параметрические данные шаблона рассматривания стимульного материала обработаны средствами математической статистики. Полученные в эксперименте результаты позволяют сделать вывод о том, что механизм восприятия зрительной информации человека при уменьшении яркости цветового пятна, дольше всего остаётся чувствителен к жёлтому цвету.

Ключевые слова: цветовое зрение, линейность цветовосприятия, пользовательский интерфейс, факторный анализ, айтрекер, статистическая обработка

Для цитирования: Борович Е.В., Янчус В.Э., Хейфиц А.Е. Исследование линейности цветовосприятия человека в графическом интерфейсе систем управления // Эргодизайн. №3 (25). 2024. С. 320-328. <http://dx.doi.org/10.30987/10.30987/2658-4026-2024-3-320-328>.

Original article
Open access article

Studying the Linearity of Human Color Perception in the Graphical Interface of Control Systems

Ekaterina V. Borevich^{1✉}, Viktor E. Yanchus², Antonina E. Kheifits³

^{1,2,3} Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29, Politekhnicheskaya str. St. Petersburg, 195251, Russia

¹ plasma5210@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6263-3901>

² victorimop@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7220-0819>

³ antoni.t-h@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8780-8277>

Abstract.

The work is aimed at studying the process of human perception of visual information in conditions of interaction with a certain interface. The authors describe experimental research of the linearity of human colour perception in the graphical interface of control systems when observing colour pictograms in a conditional interface. To analyze the mechanism operation of the visual information perception, an information model of visual perception is used. Features of human perception of visual information can be of both an individual nature associated with a specific individual, and an external nature associated with the systemic interference of the operator's direct interaction with the interface. The paper defines the factors of the study and describes the methodology for preparing stimulus material using the Processing programming language. As a tool for conducting the experiment, a software and hardware complex recording oculomotor activity Eye-tracker SMI RED 250 is used. The importance of creating effective user interfaces for control systems of complex objects and insufficient study of adapting interfaces to the features of human perception of visual information at the perceptual level of awareness determine the relevance of the study. The means of mathematical statistics process the obtained parametric data of the template for examining the stimulus material. The results got in the experiment allow concluding that the mechanism of human visual information perception, when the colour spot brightness decreases, remains sensitive to yellow colour the longest.

Key words: colour vision, linearity of colour perception, user interface, factor analysis, eye tracker, statistical processing

Для цитирования: Borevich E.V., Yanchus V.E., Kheifits A.E. Studying the Linearity of Human Color Perception in the Graphical Interface of Control Systems // Ergodesign. 2024;3(25): 320-328. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2024-3-320-328>.

Введение

Исследование направлено на изучение процесса восприятия человеком зрительной информации в условиях взаимодействия с некоторым интерфейсом.

Задача исследования работы цветового зрения человека при взаимодействии с интерфейсом является актуальной во многих областях использования, например разработка веб-сайтов, разработка интерфейса приложений, и даже область разработки систем управления самолётом.

В рамках исследования, проведён ряд экспериментов, посвященных взаимодействию пользователя с интерфейсом [1]. В статье предложена разработанная методика проведения эксперимента, для анализа чувствительности человеческого глаза к цвету, при изменении яркости элементов на экране монитора. Выявлено статистически значимое влияния цвета в условиях плохой видимости. Жёлтый цвет оказался наиболее стабильным для восприятия его на тёмно-сером фоне.

1. Материалы, модели, эксперименты, методы и методики

1.1. Степень разработанности темы

Процесс создания образа в мозге человека основывается на физических, оптических, химических, биологических, психофизиологических и культурно-воспитательных законах, которые определяют конечный результат [2].

В работе П.А. Курта Рассматриваются вопросы взаимодействия пользователя с

информационной системой. Приводится классификация недостатков интерфейсов различных человеко-ориентированных систем [3]. Васильева Е.В. и Хисюков Э.Р. в своей статье приводят особенности юзабилити-тестирования [4]. Бердюгин А.В. приводит классификацию видов пользовательских интерфейсов [5]. Существуют исследования, рассматривающие теоретические и прикладные вопросы использования цвета в эргономическом консультировании [6]. Одним из феноменов, связанным с оценкой обновлений интерфейсов, является «синдром утёнка» – предпочтение пользователями старой версии интерфейса новой [7].

Актуальными являются исследования по эффективно считываемой форме представления оперативных данных, эргономической оценке и выборе оптимального варианта интерфейса, позволяющего минимизировать информационную загруженность и улучшить ситуационную осведомленность пилота [8]. Различным вариантам отображения символов соответствует различное время выполнения действий [9]. Однако, пользовательские интерфейсы информационных систем, в том числе и специализированного профиля, обладают низкой эффективностью, одной из причин которой является отсутствие возможности проводить формализованную оценку интерфейсов [10]. Существующие методы оценки графических пользовательских интерфейсов носят по большей части субъективный характер, основанный на мнениях экспертов или

проводимых тестирований, что не позволяет предоставить объективные обоснованные результаты о степени качества интерфейсов [11]. Задача адаптивных интерфейсов состоит в повышении уровня комфорта и ситуационной осведомленности пилота, уменьшении когнитивной нагрузки на него, что в итоге ведет к повышению безопасности полетов [12]. Архитектура современных бортовых комплексов летательных аппаратов с интегрированным искусственным интеллектом позволяет обеспечивать адаптируемость человеко-машинных (пользовательских) интерфейсов [13],[14].

Внешние условия наблюдения в системе оператор (летчик) - интерфейс могут меняться: солнце, боковые пересветы, тени. При изменяющихся внешних условиях меняется, соответственно, меняется и восприятие информации оператором при взаимодействии с интерфейсом. Вопросы цветового решения пользовательских интерфейсов сложных систем недостаточно изучены. В настоящей работе поднимается вопрос: какой цвет наиболее стабилен в меняющихся условиях взаимодействия оператора с интерфейсом сложной системы.

1.2. Стимульный материал

Для проведения эксперимента был подготовлен стимульный материал. Сведение влияния нетаргетных факторов к минимуму происходит на этапе подготовки стимульного материала.

Стимульный материал разработан по аналогии с предыдущими экспериментами, которые показали свою валидность [1]. Были использованы 8 пиктограмм (рис. 1). Цвета выбраны из цветового круга Иттена 4 основных цвета и 4 промежуточных [15]:

- синий (#21409A);
- сине-зелёный (#0492ce);
- зелёный (#006838);
- жёлтый (#FFFF00);
- оранжевый (#F7941D);
- красно-оранжевый (#fd5308);
- красный (#BE1E2D);
- фиолетовый (#94268F).

Основным исследуемым фактором является яркость цвета пиктограмм в стимулах. Всего было разработано три группы стимулов: 50%, 30%, 20% и 10%. Это значение непрозрачности пиктограмм в стимуле

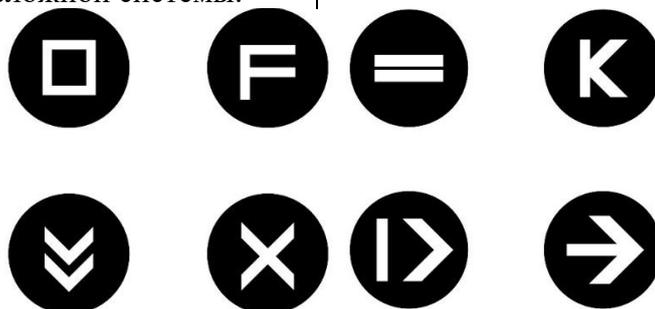


Рис. 1. Пиктограммы использованные в эксперименте
Fig. 1. Pictograms used in the experiment

Далее представлен алгоритм для создания стимулов. На входе имеем базу из векторных файлов с пиктограммами типа .svg. Создаём четыре массива иконок класса PShape, в которых задаём разный уровень яркости с помощью функции opacity (50) для яркости 50%, opacity (30) - для яркости 30%, opacity (20) - для яркости 20% и opacity (10) для яркости 10%.

Далее создадим новый класс объектов, который назовём Icon, чтобы хранить помимо самого изображения информацию о том была ли пиктограмма уже использована и информацию о зоне, в которой она будет помещена. Создаём массив иконок для каждого цвета (всего 8 цветов) [16]. Для расположения иконок существует шесть зон, равноудалённых от центра. Далее создаём стимулы:

- рандомно выбираем иконку (проверяем, не была ли она уже использована);
- располагаем шесть иконок разного цвета, выбранных случайным образом, из одного массива;
- дублируем одну из иконок по центру;
- сохраняем;
- повторяем для каждой иконки.

На одном стимуле используется одна пиктограмма и все 8 цветов. Пиктограммы, выполненные во всех исследуемых цветовых вариантах, располагаются равноудаленно от центра стимула, по окружности. В центре дублируется один из цветов пиктограмм. Перед испытуемым ставится задача найти пиктограмму такого же цвета как центральная. На рисунке 2 представлен пример стимула.

Всего каждый испытуемый работал с 64 стимулами.

Для проведения эксперимента использована стационарная установка,

фиксирующая глазодвигательную активность eye-tracker SMI RED 250.

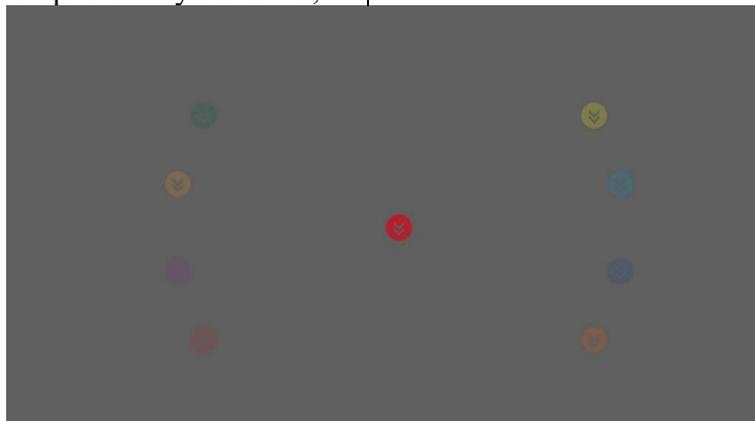


Рис. 2. Пример стимульного материала
Fig. 2. Example of stimulus material

1.3. Экспериментальная установка

Постановка эксперимента с использованием этой установки описана в более ранних статьях [17]. Система айтрекинга работает по принципу видео-окулографии. На роговице глаза испытуемого регистрируется блик, по которому определяется направление взора. Принцип работы используемого в эксперименте комплекса заключается в видео-регистрации смещений зрачка и блика от направленного в глаз источника инфракрасного (ИК) излучения. На роговице образуется блик, видимый камере как светлое пятно, зрачок распознается как черное. Полученная точка фиксации взора совмещается с изображением

на экране монитора, на котором демонстрируется стимульное изображение.

Использование систем айтрекинга позволяет получить достоверные параметрические данные шаблона рассматривания стимульного материала испытуемым.

В настоящем исследовании использовался программно-аппаратный комплекс SMIREД 250 [18] (рис. 3). Система состоит из специализированного компьютера, инфракрасного датчика движения глаз и специализированного программного обеспечения SMI Experiment Center для проведения эксперимента и объективного статистического анализа полученных данных.

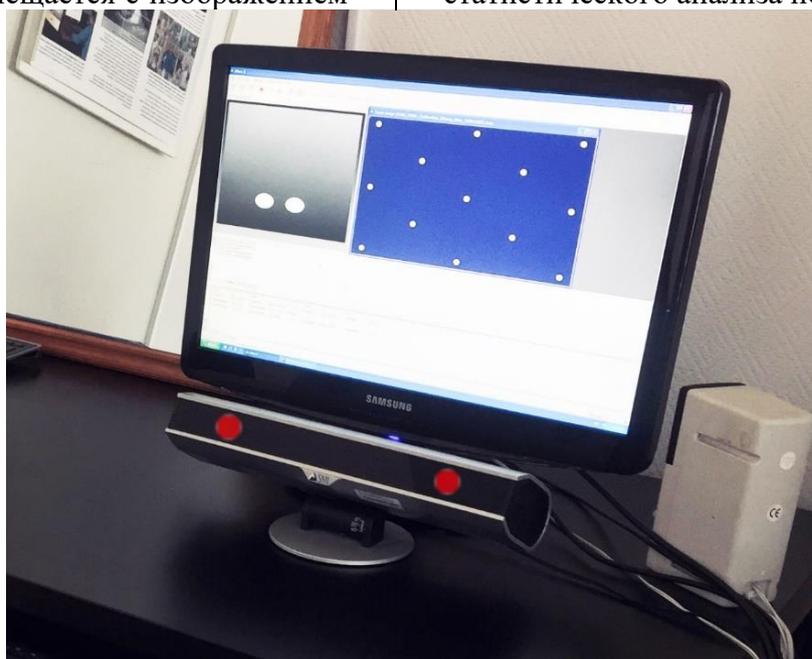


Рис. 3. Стационарная система айтрекинга SMIREД 250
Fig. 3. The stationary eye tracking system SMIREД 250

Перед испытуемыми стояла задача: посмотреть на пиктограмму в центре стимула и найти пиктограмму на окружности такого же цвета как в центре.

2. Результаты

Всего в эксперименте приняли участие 70 человек. Мужчины и женщины, студенты Политехнического университета в возрасте от 18 до 30 лет (всего 47 женщин и 23 мужчины, из них 29 женщин и 3 мужчины обладают художественной подготовкой). Одним из исследуемых факторов является наличие художественного образования у испытуемых, соответственно, выборка является валидной, и соотношение испытуемых с художественным образованием и без него приблизительно 50:50. Было собрано 28 053 фиксации и 25 976 саккад.

Выявлено статистически-значимое влияние исследуемых факторов на параметры: время рассматривания, количество фиксаций, общая длительность фиксаций, общий путь взгляда, общая длина саккад.

Для анализа результатов использовались методы статистической обработки экспериментальных данных.

Для анализа данных используется Дисперсионный анализ Analysis of Variance (ANOVA). Использование one-way ANOVA в данном случае не является оптимальным, так как есть два независимых фактора. Также нет необходимости в использовании метода MANOVA, так как зависимая переменная в поставленных экспериментах одна. Несколько независимых переменных: есть две независимые переменные (например, цветовое решение кадра и гендерная принадлежность испытуемых), которые хотим учесть одновременно. Одна зависимая переменная: время просмотра стимулов. Взаимодействие переменных: влияние фактора цвета пиктограммы на время просмотра может различаться в зависимости от пола испытуемых. Следовательно, наиболее подходящим методом будет Factorial ANOVA.

Первым этапом является формулирование нулевой гипотезы: нет различий между группами по всем зависимым переменным. На примере двух факторов будет следующая математика.

В ходе анализа проверяются несколько нулевых гипотез:

– гипотеза о равенстве средних под влиянием фактора А:

$$H_0: \mu_{1,*} = \mu_{2,*} = \dots = \mu_{j,*} \quad (1);$$

– гипотеза о равенстве средних под влиянием фактора В:

$$H_0: \mu_{*,1} = \mu_{*,2} = \dots = \mu_{*,k} \quad (2);$$

– гипотеза об отсутствии взаимодействия факторов А и В:

$$H_0: (ab)_{j,k} = 0, \text{ всех } j \text{ и } k \quad (3).$$

Значение p-value – это вероятность получить эти данные, если нулевая гипотеза верна. Критическое значение соответствует табличному значению критерия F Фишера для сравнения. В таблице значений F-критерия Фишера необходимое значение находится на пересечении числа степеней свободы для межгрупповой дисперсии и внутригрупповой дисперсии.

Каждая гипотеза проверяется с помощью критерия Фишера. Для каждой гипотезы мы рассчитываем своё F-значение и сравниваем его со своим критическим уровнем:

$$F_{factorA} = \frac{MS_{factorA}}{MS_{error}} \quad (4);$$

$$F_{factorB} = \frac{MS_{factorB}}{MS_{error}} \quad (5);$$

$$F_{ABinteraction} = \frac{MS_{ABinteraction}}{MS_{error}} \quad (6);$$

При отвержении нулевой гипотезы о влиянии отдельного фактора принимается утверждение, что присутствует главный эффект фактора А (В и т. д.). Если, значение p-value оказывается ниже порога (он же уровень значимости, т.е. 0.05), следовательно:

– существуют статистически значимые различия между группами по зависимым переменным;

– рационально использовать Factorial ANOVA.

В таблице 1 представлены значения p-value, вычисленного посредством выполнения программной процедуры Factorial ANOVA для факторов color – цвет, brightness – яркость, gender – половая принадлежность, art education – наличие художественного образования.

На рисунке 4 наглядно представлено влияние факторов цвета и яркости на время рассматривания стимула. Обозначения на рисунке: yellow – Жёлтый; orange – оранжевый; red – красный; purple – фиолетовый; blue – синий; green – зелёный; red-orange – красно-оранжевый; blue-green – сине-зелёный. Синим цветом обозначены значения яркости 10%, красный цвет – 20%, зелёный цвет – 30%.

На рисунке 5 наглядно представлено влияние фактора половой принадлежности на время рассматривания стимула.

В общей выборке испытуемых не было обнаружено статистически значимого влияния фактора наличия художественной подготовки. Однако при рассмотрении выборки испытуемых только женского пола, выявлена статистически значимая

зависимость от фактора наличия художественного образования. В таблице 2 представлены значения p-value для испытуемых женского пола color – цвет, brightness – яркость, art education – наличие художественного образования.

Таблица 1.

Значения, вычисленного посредством выполнения программной процедуры ANOVA p-value

Table 1.

The value calculated by executing the ANOVA p-value program procedure

фактор	p-value
color	0.000001
Brightness	0.000001
Gender	0.000003
Art education	0.116496

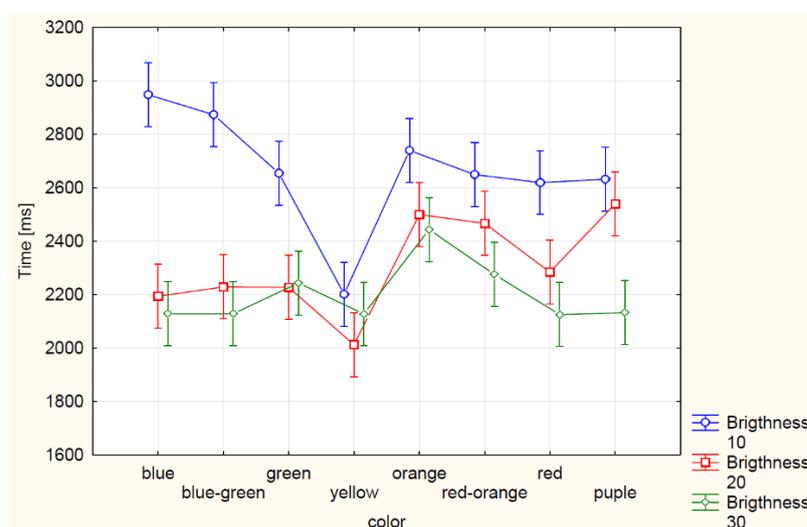


Рис. 4. Распределение значений времени рассматривания стимула в зависимости от фактора цвета для различных значений фактора brightness

Fig. 4. Distribution of stimulus viewing time values depending on color factor for different brightness factor values

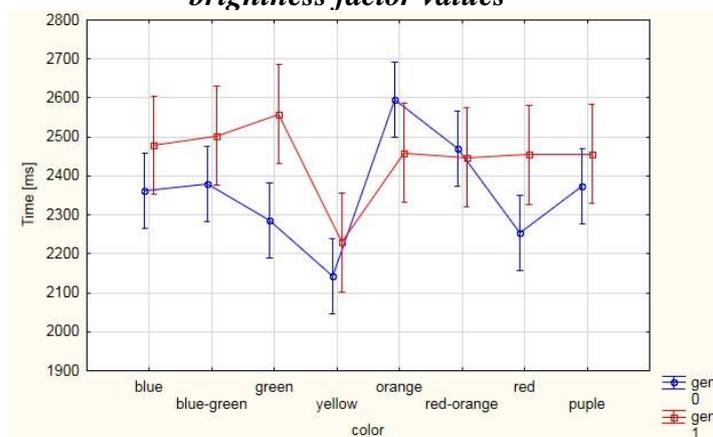


Рис. 5. Распределение значений времени рассматривания стимула в зависимости от фактора цвета для разных значений признака половой принадлежности (0 – женщины, 1 – мужчины)

Fig. 5. Distribution of stimulus viewing time values depending on the color factor for different values of the gender characteristic (0 – women, 1 – men)

Таблица 2.

Значения p-value, вычисленного посредством выполнения программной процедуры ANOVA для испытуемых женского пола

Table 2.

The p-value calculated by executing the ANOVA program procedure for female subjects

фактор	p-value
color	0.000001
Brighthness	0.000001
Art education	0.000004

Обсуждение/Заключение

Представленная методология проведения эксперимента позволяет исследовать влияние различных элементов интерфейса.

Описанное исследование выявило статистически-значимое влияние цвета на восприятие элементов интерфейса. Существует разница как воспринимается цвет при различной яркости. Лучше всех при уменьшении яркости показал себя жёлтый цвет. Его восприятие практически не изменилось. Синий цвет, наоборот, показал самое долгое время рассматривание при низкой яркости.

Существует зависимость восприятия от полового признака. Женщины дольше решали поставленную задачу.

Также, при рассматривании выборки испытуемых только женщин, выявлено влияние наличия художественного образования. Наличие художественного образования дает преимущество в скорости решения задачи перед испытуемыми без художественной подготовки. Из этого можно сделать вывод, что испытуемые обладающие художественной подготовкой обладают большей натренированностью глаза к различению цвета.

В качестве дальнейшего исследования целесообразно посмотреть, как реагирует человек на элементы белого цвета по сравнению с цветными, а также, как будут восприниматься цветные элементы на более светлом фоне.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Хейфиц А.Е., Янчус В.Э. Экспериментальное исследование восприятия цветовых контрастов в области периферийного зрения. В сборнике: Физико-техническая информатика (СРТ2023). Материалы Международной конференции. Нижний Новгород, 2023. С. 83-90. DOI 10.54837/9785604289174_CPT2023-p83. EDN NBTQWM.
2. Янчус В.Э. Информационная модель восприятия визуальной информации человеком. Труды Международной конференции по компьютерной графике и зрению "Графикон". 2023. № 33. С. 969-975. DOI 10.20948/graphicon-2023-969-975. EDN OZROCB.
3. Курта П.А. Взаимодействие пользователя с информационной системой. Часть 1. Схема взаимодействия и классификация недостатков // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2020. № 8-9. С. 35-45. EDN VLVVMXL
4. Васильева Е.В., Хисюков Э.Р. Исследование пользовательского опыта взаимодействия различных целевых аудиторий с интерфейсом портала // E-Management. 2023. Т. 6, № 2. С. 61-72. DOI 10.26425/2658-3445-2023-6-2-61-72. EDN ZIPGYC.
5. Бердюгин А.В. Исследование видов пользовательских интерфейсов. Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук : Материалы IV научно-практической международной конференции (школы-семинара) молодых ученых: в 2 частях, Тольятти, 23–25 апреля 2018 года. Том Часть 2. Тольятти: Качалин Александр Васильевич, 2018. С. 322-327. EDN UZTLST.

REFERENCES

1. Kheifits A.E., Yanchus V.E. Experimental Study of Perception of Colour Contrasts in Peripheral Vision. In: Proceedings of the International Conference on Physical and Technical Informatics (CPT2023); Nizhny Novgorod: 2023. p. 83-90. DOI 10.54837/9785604289174_CPT2023-p83.
2. Yanchus V.E. Information Model of the Mechanism of Human Perception of Visual Information. In: Proceedings of the International Conference on Computer Graphics and Vision "Graphicon": 2023, vol. 33. p. 969-975. DOI 10.20948/graphicon-2023-969-975.
3. Kurta P.A. Interaction of the User with the Information System. Part 1. Scheme of Interaction and Classification of disadvantages. Proceedings of Saint Petersburg Electrotechnical University Journal. 2020;8-9:35-45.
4. Vasilyeva E.V., Khisyukov E.R. Approach Research of User Experience of Various Target Audiences' Interaction with the Portal Interface. E-Management. 2023;6(2):61-72. doi: 10.26425/2658-3445-2023-6-2-61-72.
5. Berdyugin A.V. Study of User Interface Types. In: Proceedings of the 4th Scientific and Practical International Conference (School-Seminar) of Young Scientists on Applied Mathematics and Computer Science: Modern Research in the Field of Natural and Technical Sciences; 2018 Apr 23-25; Togliatti: Kachalin Alexander Vasilievich: 2018, vol. 2. p. 322-327.

6. **Спасеников В.В.** Феномен цветовосприятия в эргономических исследованиях и цветоконсультировании // *Эргодизайн*. 2019. № 2(4). С. 3-12. DOI 10.30987/article_5cb22163c8b6b7.59336480. EDN PDEJNP.
7. **Глебо Н.Р., Горбунова Е.С.** «Синдром утёнка»: как взаимодействие с интерфейсом влияет на возникновение когнитивных искажений // *Психологические исследования*. 2022. Т. 15, № 85-86. DOI 10.54359/ps.v15i85.1274. EDN XZONXR.
8. **Грешников И.И., Лаврова Г.А., Сальников Т.Д. и др.** Методика субъективных оценок информационно-управляющего поля кабины пилотов // *Нейрокомпьютеры: разработка, применение*. 2020. Т. 22. № 3. С. 18-25. DOI 10.18127/j19998554-202003-02. EDN OQJXBS.
9. **Черников Б.В., Попов А.А.** Оптимизация эргономических параметров интерфейса информационной системы // *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2017. № 3 (188). С. 65-77. DOI 10.23683/2311-3103-2017-3-65-77. EDN ZDHXLF.
10. **Головач В.В.** Дизайн пользовательского интерфейса. *Usethics*, 2005-2008. 97 с.
11. **Терёхин С.Н., Минкин Д.Ю., Вострых А.В.** Алгоритм оценки гармоничности цветовой схемы графических пользовательских интерфейсов информационного обеспечения деятельности подразделений МЧС России // *Научно-аналитический журнал вестник Санкт-петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России*. 2021. № 3. С. 66-73. EDN VPREEQA.
12. **Зыбин Е.Ю., Косьянчук В.В., Земкин В.А.** Авиационные человеко-машинные интерфейсы: состояние и перспективы развития. *Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики*. Москва : Институт психологии РАН, 2021. С. 211-230. DOI 10.38098/ergo.2021. EDN LHUUEQ.
13. **Зыбин Е.Ю., Косьянчук В.В.** Эволюция архитектуры комплекса бортового оборудования воздушных судов. *АВИАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В XXI ВЕКЕ : Сборник докладов, Москва, 26–27 мая 2016 года / Председатель Организационного и Программного комитетов конференции Сергей Юрьевич Желтов. Том 3. Москва: Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем, 2017. С. 19-28. EDN YOHOHN.*
14. **Чуянов Г. А., Косьянчук В. В., Сельвесюк Н. И. и др.** Направления совершенствования бортового оборудования для повышения безопасности полетов воздушного судна // *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2014. № 6 (155). С. 219-229. EDN SFLDOD.
15. **Иттен И.** *Искусство цвета*. Москва: Аронов Д., 2014. 96 с. ISBN 978-5-94056-015-6.
16. **Орлов П.А.** Программирование для дизайнеров : учеб. пособие /под ред. проф. В.М. Иванова М. : АВАТАР, 2015. 247 с. ISBN 978-5-903781-16-4.
17. **Mescheryakov S.V., Yanchus V.E., Borevich E.V.** Experimental Research of Digital Color Correction Models and Their Impact on Visual Fixation of Video Frames. *Humanities and Science University Journal*. 2017;27:15-24. EDN WPICIU.
18. **Bindemann M., Scheepers C., Burton A.M.** Viewpoint and center of gravity affect eye movements to human faces // *Journal of Vision*. 2009;9(2):1-16. DOI 10.1167/9.2.7.
6. **Spasennikov V.V.** The Phenomenon of Colour Perception in Ergonomic Studies and Colour Consulting. *Ergodesign*. 2019;2(4):3-12. DOI 10.30987/article_5cb22163c8b6b7.59336480.
7. **Glebko N.R., Gorbunova E.S.** The “Duckling Syndrome” as a Cognitive Distortion in User Interaction with the Interface. *Psychological Studies*. 2022;15:85-86. DOI 10.54359/ps.v15i85.1274.
8. **Greshnikov I.I., Lavrova G.A., Salnikov T.D., et al.** Subjective Methodology of the Aircraft Control and Navigation Equipment’s Evaluation. *Neurocomputers*. 2020;22(3):18-25. DOI 10.18127/j19998554-202003-02.
9. **Chernikov B.V., Popov A.A.** Optimization of Ergonomic Parameters of Information System Interface. *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*. 2017;3(188):65-77. DOI 10.23683/2311-3103-2017-3-65-77.
10. **Golovach V.V.** User Interface Design. *Usethics*; 2005-2008. 97 p.
11. **Terekhin S.N., Minkin D.Yu., Vostrykh A.V.** Algorithm for Assessing the Harmony of the Colour Scheme of Graphical User Interfaces for Information Support of the Activities of Emercom of Russia. *Bulletin of St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia*. 2021;3:66-73.
12. **Zybin E.Yu., Kosyanchuk V.V., Zemkin V.A.** Aviation Human-Machine Interfaces – Current State and Development Trends. *Actual Problems of Labour Psychology, Engineering Psychology and Ergonomics*. Moscow: Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences; 2021. p. 211-230. DOI 10.38098/ergo.2021.
13. **Zybin E.Yu., Kosyanchuk V.V.** Evolution of the Architecture of Aircraft On-Board Equipment Complex. In: Zheltov SY, chairman. *Proceedings on Aviation Systems in the 21st Century; 2016 May 26-27; Moscow: State Research Institute of Aviation Systems; 2017, vol. 3. p. 19-28.*
14. **Chuyanov G.A., Kosyanchuk V.V., Selvesyuk N.I., et al.** Directions of Perfection of On-Board Equipment to Improve Aircraft Safety. *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*. 2014;6(155):219-229.
15. **Itten I.** *The Art of Colour*. Moscow: Aronov D.; 2014. 96 p.
16. **Orlov P.A.** Programming for Artists. Ivanov VM, editor. Moscow: Avatar Press; 2015. 247 p.
17. **Mescheryakov S.V., Yanchus V.E., Borevich E.V.** Experimental Research of Digital Colour Correction Models and Their Impact on Visual Fixation of Video Frames. *Humanities and Science University Journal*. 2017;27:15-24.
18. **Bindemann M., Scheepers C., Burton A.M.** Viewpoint and Center of Gravity Affect Eye Movements to Human Faces. *Journal of Vision*. 2009;9(2):1-16. DOI 10.1167/9.2.7.

Информация об авторах:

Боревич Екатерина Владиславовна – старший преподаватель кафедры «ВШДиА» СПбПУ, международные идентификационные номера автора: Scopus-Author ID 57212930585, Research- ID-Web of Science KIL-7478-2024, Author-ID-РИНЦ 5752-5998

Янчус Виктор Эдмундасович – кандидат технических наук, доцент кафедры «ВШДиА» СПбПУ, международные идентификационные номера автора: Scopus-Author ID 57212931263, Research- ID-Web of Science HNC-3629-2022, Author-ID-РИНЦ 9700-3934

Хейфиц Антонина Евгеньевна – старший преподаватель кафедры «ВШМО» СПбПУ, международные идентификационные номера автора: Research- ID-Web of Science KLC-4541-2024, Author-ID-РИНЦ 1549-9236

Information about the authors:

Borevich Ekaterina Vladislavovna – Senior Lecturer at the Department of Higher School of Architecture and Design of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, the author's international identification numbers: Scopus-Author ID: 57212930585, Research-ID-Web of Science: KIL-7478-2024, Author-ID-RSCI: 5752-5998

Yanchus Viktor Edmundasovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Higher School of Architecture and Design of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, the author's international identification numbers: Scopus-Author ID 57212931263, Research-ID-Web of Science: HNC-3629-2022, Author-ID-RSCI: 9700-3934

Kheifits Antonina Evgenievna – Senior Lecturer, Department of Higher School of International Relations of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, the author's international identification numbers: Research-ID-Web of Science: KLC-4541-2024, Author-ID-RSCI: 1549-92360

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 03.04.2024; одобрена после рецензирования 22.04.2024; принята к публикации 24.04.2024. Рецензент – Голубева Г.Ф., кандидат психологических наук., доцент Брянского государственного университета имени И.Г. Петровского, член редакционной коллегии журнала «Эргодизайн»

The paper was submitted for publication on the 03rd of April, 2024; approved after the peer review on the 22nd of April, 2024; accepted for publication on the 24th of April, 2024. Reviewer – Golubeva G.F., Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor of Ivan Petrovsky Bryansk State University, member of the editorial board of the journal “Ergodesign”.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!**Образец ссылок на электронные источники в журнале «Эргодизайн»**

Сверточные нейронные сети. Викиконспекты ИТМО. U
 RL:https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Сверточные_нейронные_сети (дата обращения: 16.01.2024).

Рекуррентные нейронные сети. Викиконспекты ИТМО. U
 RL:
https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Рекуррентные_нейронные_сети (дата обращения: 18.02.2024).

Долгая краткосрочная память. Викиконспекты ИТМО. U
 RL:
https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Долгая_краткосрочная_память (дата обращения: 23.02.2024).