

Научная статья

УДК 004.514; DOI: 10.61260/2218-13X-2024-1-139-154

КОМПЛЕКС АЛГОРИТМОВ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИЗУАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ГРАФИЧЕСКИХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ

✉ **Вострых Алексей Владимирович.**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ a.vostrykh@list.ru

Аннотация. Современный процесс цифровизации приводит к возрастанию количества программных продуктов, неотъемлемой частью которых являются графические пользовательские интерфейсы, являющиеся посредниками между пользователями и программными алгоритмами, позволяя комфортно и результативно выполнять требуемые задачи. Многие из современных программных продуктов обладают интерфейсами низкой эффективности, что приводит к снижению работоспособности пользователей и повышению внутрипсихологических нагрузок на них. С целью повышения эффективности интерфейсов в настоящей статье описана постановка задачи по разработке комплекса алгоритмов оптимального проектирования и оценки эффективности визуальной составляющей графических пользовательских интерфейсов.

Для разработки комплекса алгоритмов в настоящей статье представлен спектр авторских показателей по каждому из направлений, а также проведён анализ существующих количественных методов оценки эффективности интерфейсов на возможность их применения для вычисления вышеупомянутых показателей. Сделаны выводы, что существующие подходы способны осуществить формализованное представление только части авторских показателей.

Планируемый комплекс алгоритмов после реализации гипотетически позволит всесторонне проводить оценку интерфейсов, а также находить в них дефекты, снижающие их эффективность, что при исключении повысит качество как интерфейсов, так и программ в целом, увеличив работоспособность и комфорт взаимодействия с программами пользователей.

Ключевые слова: комплекс алгоритмов, графический пользовательский интерфейс, показатели эффективности, оценка

Для цитирования: Вострых А.В. Комплекс алгоритмов оптимального проектирования и оценки эффективности визуальной составляющей графических пользовательских интерфейсов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2024. № 1. С. 139–154. DOI: 10.61260/2218-13X-2024-1-139-154.

Scientific article

A SET OF ALGORITHMS FOR OPTIMAL DESIGN AND EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE VISUAL COMPONENT OF GRAPHICAL USER INTERFACES

✉ **Vostrykh Alexey V.**

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ a.vostrykh@list.ru

Abstract. Modernity is characterized by comprehensive digitalization, leading to an increase in the number of software products, an integral part of which are graphical user interfaces, which act as an intermediary between users and software algorithms, allowing them to comfortably and

efficiently perform the required tasks. Most modern software products have low-efficiency interfaces, which leads to a decrease in the performance of users and an increase in intrapsychological stress on them. In order to improve the efficiency of interfaces, this article describes the formulation of the problem of developing a set of algorithms for optimal design and evaluation of the effectiveness of the visual component of graphical user interfaces.

To develop a set of algorithms, this article presents a range of proprietary indicators for each of the areas, as well as an analysis of existing quantitative methods for assessing the effectiveness of interfaces for the possibility of using them to calculate the indicators mentioned above. It is concluded that existing approaches are capable of providing a formalized representation of only part of the author's indicators.

The planned set of algorithms, after implementation, will hypothetically allow for a comprehensive assessment of interfaces, as well as finding defects in them that reduce their effectiveness, which, if eliminated, will improve the quality of both interfaces and programs in general, increasing the performance and comfort of interaction with user programs.

Keywords: a set of algorithms, graphical user interface, performance indicators, evaluation

For citation: Vostrykh A.V. A set of algorithms for optimal design and evaluation of the effectiveness of the visual component of graphical user interfaces // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2024. № 1. P. 139–154. DOI: 10.61260/2218-13X-2024-1-139-154.

Введение

Современность характеризуется бурным развитием информационных технологий, находящих отражение в наполнении рынка программного обеспечения всё новыми программными продуктами (ПП), которые позволяют достичь целей деятельности организаций с минимальными временными и человеческими затратами [1–6].

Несмотря на все преимущества, современные ПП имеют ряд серьёзных недостатков, работа над которыми требует особого внимания и является актуальной проблемой современности, так как дефекты ПП снижают эффективность работы пользователей по многим параметрам, например: скорость работы, отказоустойчивость, скорость обучения, удовлетворенность трудом и т.д.

Одним из уязвимых мест ПП являются их графические пользовательские интерфейсы (ГПИ) – связующее звено между пользователями и внутрипрограммными алгоритмами [3–5].

ГПИ, в первую очередь, предназначены для упрощения работы пользователей и повышения удобства взаимодействия, сводя к минимуму уровень знаний и требований к освоению сложных программных реализаций [7–9]. Выполнение ГПИ столь сложной функции не всегда проходит успешно, большинство современных интерфейсов обладают целым спектром недостатков, незаметных с первого взгляда даже для опытных экспертов [10, 11].

Для выявления подобных недостатков необходим соответствующий инструмент, позволяющий, опираясь на строгий математический аппарат и экспериментальные исследования, делать выводы и заключения о тех или иных характеристиках ГПИ. В настоящее время существует множество способов оценки эффективности ГПИ, но подавляющее большинство из них обладает субъективным характером, основанным на мнениях отдельных экспертов, что не даёт права говорить о достоверности получаемых результатов анализа [4, 7, 8]. В свою очередь, существующие малочисленные способы, основанные на вычислениях, обладают узконаправленностью и никоим образом не коррелируются с требованиями и потребностями пользователей целевой аудитории, что приводит к практически бесполезным результатам вычислений [1–3].

В настоящей статье ставится задача по разработке многокритериального научно-методического инструмента оценки эффективности ГПИ. Для этого автором проведен

ретроспективный анализ недостатков широкого спектра ГПИ, который позволил сделать вывод о необходимости оценки интерфейсов по трем основным направлениям:

- оценка эффективности визуальной составляющей ГПИ;
- оценка эффективности пространственно-временной составляющей ГПИ;
- оценка эффективности логической составляющей ГПИ.

Каждое из этих направлений напрямую связано с тремя типами нагрузок, воздействующих на пользователей во время их работы в ПП: когнитивная, визуальная и моторная. Основная цель проведения оценки эффективности ГПИ – это способ снижения всех типов нагрузок на пользователей для повышения результативности, работоспособности и комфорта.

Предлагаемый к разработке в настоящей статье комплекс алгоритмов направлен на оценку эффективности первого направления, а именно – визуальной составляющей. Так как большая часть взаимодействия человека с внешним миром осуществляется посредством визуального канала, данное направление является фундаментальным. Представленные ниже системы показателей войдут в состав спектра алгоритмов данного направления и после проведения формализации позволят получить комплексную многоаспектную числовую оценку по данному направлению, предоставляя возможность исследователям сравнивать ГПИ, аналогичные по функциональному назначению ПП, и выявлять дефекты, требующие устранения.

Методы исследования

В состав комплекса алгоритмов оптимального проектирования и оценки эффективности визуальной составляющей ГПИ предлагается включить восемь алгоритмов: алгоритм оценки эффективности цветовой эстетики ГПИ; алгоритм оценки эффективности композиционного равновесия ГПИ; алгоритм оценки эффективности эргономической эстетики ГПИ; алгоритм оценки эффективности визуальной эстетики ГПИ; алгоритм оценки информативности ГПИ; алгоритм оценки эффективности персонализации ГПИ; алгоритм оценки согласованности информационно-функциональных элементов ГПИ; алгоритм оценки влияния внешних факторов и раздражителей на эффективность восприятия ГПИ. Схематически иерархия комплекса алгоритмов представлена на рис. 1.

Каждый из алгоритмов будет отвечать за оценку отдельного направления и состоять из спектра показателей и характеристик. Рассмотрим каждый из них в аспектах содержания и планируемых результатов вычислений.

Алгоритм оценки эффективности цветовой эстетики ГПИ является одним из трех алгоритмов, входящих в состав алгоритма оценки эффективности визуальной эстетики ГПИ, и служит для анализа ГПИ на степень комфорта восприятия пользователями цветовых решений ГПИ.

В состав алгоритма входят следующие показатели: единообразие; аттрактивность; оптимальность сходимости цветов; соразмерность; сбалансированная полярность.

Показатель «единообразие» оценивает единство цветовой схемы ГПИ и однородности компонентов интерфейса.

Показатель «аттрактивность» характеризует ГПИ в аспекте гармоничности цветовой схемы, а именно анализируется используемая палитра цветов на сочетаемость, соответствие разработанным моделям пользователей, соответствие функциональному предназначению и степени отклонения цветового решения от эталона.

Показатель «оптимальность сходимости цветов» демонстрирует вероятность появления нежелательного эффекта в виде цветных окантовок или двойных изображений вдоль границ рисунка.

Показатель «сбалансированная полярность» оценивает гармоничность цветового соотношения графических элементов (ГЭ) и фона.

Показатель «соразмерность» оценивает гармоничность пропорций ГЭ ГПИ.
Связи между показателями цветовой эстетики представлены на рис. 2.



Рис. 1. Иерархия комплекса алгоритмов

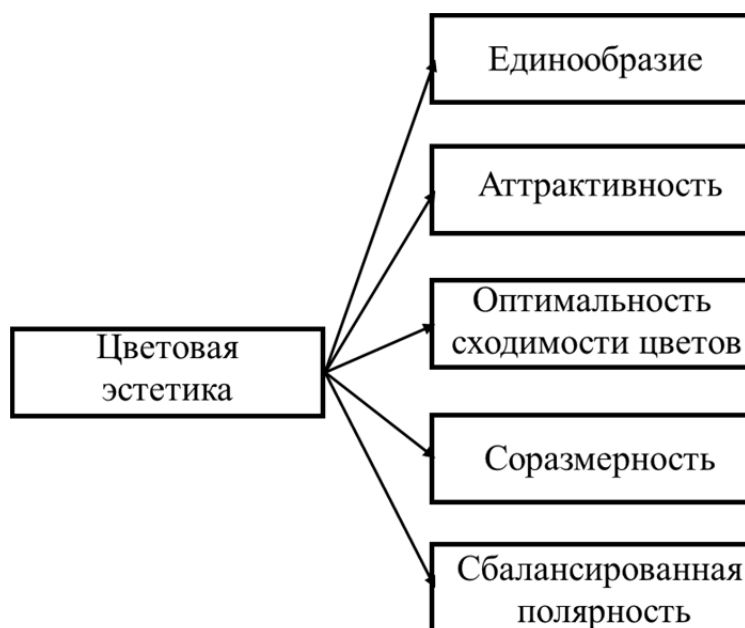


Рис. 2. Иерархия связей между показателями цветовой эстетики

Алгоритм оценки эффективности композиционного равновесия графических пользовательских интерфейсов является одним из трех алгоритмов, входящих в состав алгоритма оценки эффективности визуальной эстетики ГПИ, и служит для анализа ГПИ на степень гармоничности визуального расположения ГЭ ГПИ.

В состав алгоритма входят следующие показатели: привлекательность; контрастность; сигнальная многополярность. Дополнительно в показатель «привлекательность» входят три характеристики: цветовая предпочтительность, цветовое стимулирование и цветоформа, также в показатель «контрастность» входят три характеристики: цветовая скорость, чистота цвета, температура цвета.

Показатель «привлекательность» оценивает визуальную простоту и современность ГПИ.

Показатель «контрастность» оценивает четкость различимости переднего и заднего планов интерфейса.

Показатель «сигнальная многополярность» оценивает цветовую схему с точки зрения средства передачи информации.

Схематично связи между показателями композиционного равновесия и их характеристиками можно представить в следующем виде (рис. 3).

Алгоритм оценки эффективности эргономической эстетики ГПИ является одним из трех алгоритмов, входящих в состав алгоритма оценки эффективности визуальной эстетики ГПИ, и служит для оценки общего цветового воздействия на психологическое состояние пользователей.

В состав алгоритма входят следующие показатели: визуальная простота, организованность, эстетичность, лаконичность. В состав показателя «эстетичность» вошли следующие характеристики: цветоформа, цветовой вес, цветовое распространение, баланс композиции.

Показатель «визуальная простота» оценивает сложность взаимного расположения информационно-функциональных элементов ГПИ.

Показатель «организованность» оценивает четкость структуры ГПИ, визуальную иерархию и упорядоченность элементов.

Показатель «эстетичность» оценивает степень комфорта от взаимодействия пользователя с ГПИ.

Показатель «лаконичность» оценивает краткость и ясность выводимых ГПИ данных.

Схематично связи между показателями эргономической эстетики и их характеристиками представлены на рис. 4.

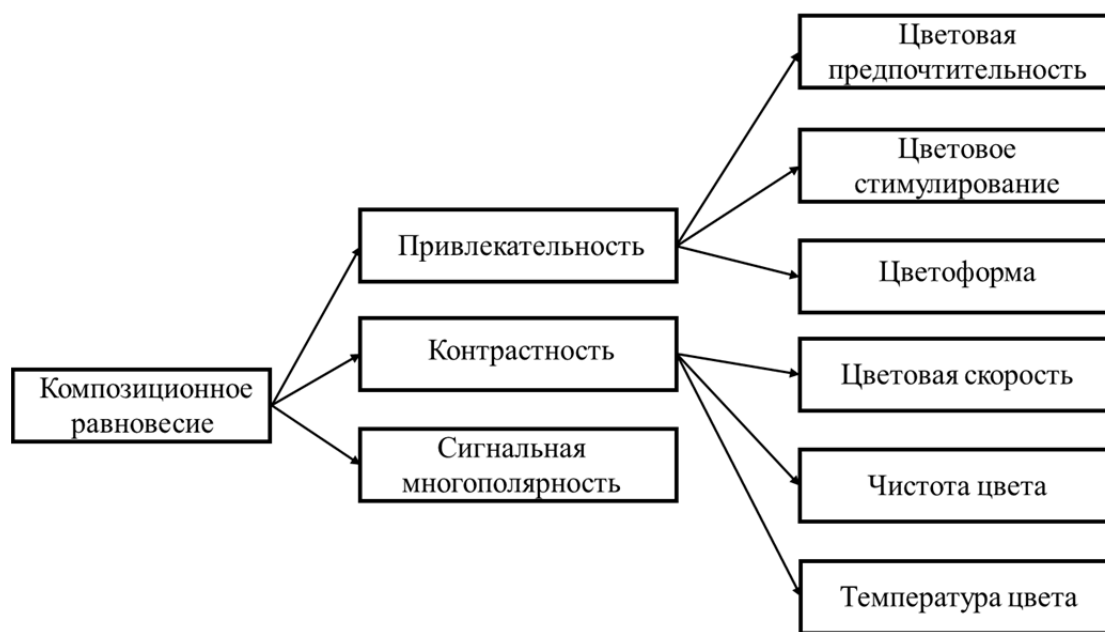


Рис. 3. Иерархия связей между показателями композиционного равновесия и их характеристиками

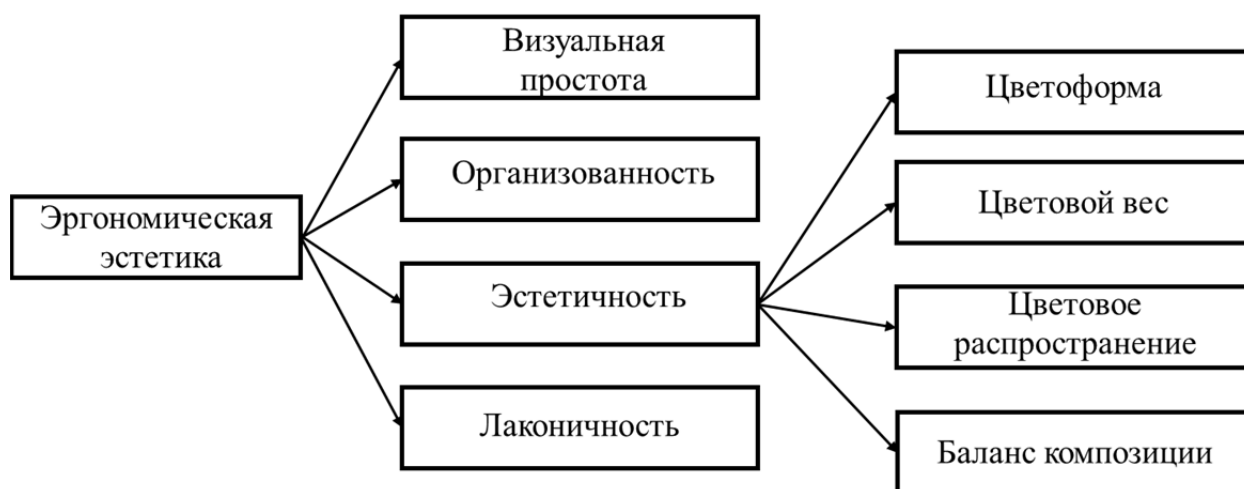


Рис. 4. Иерархия связей между показателями эргономической эстетики и их характеристиками

Алгоритм оценки эффективности визуальной эстетики графических пользовательских интерфейсов аккумулирует в себе показатели трех, представленных выше, алгоритмов и служит для проведения общей оценки ГПИ за направление визуальной эстетики. Вместе с тем исключает при своём использовании тавтологию действий, возникающую при использовании каждого алгоритма в отдельности. Таким образом, появляется возможность проведения оценки эффективности визуальной эстетики ГПИ в целом, а не по отдельным направлениям.

Алгоритм оценки информативности графических пользовательских интерфейсов служит для оценки эффективности ГПИ в аспекте качества предоставления информации пользователям.

В состав алгоритма входят следующие показатели: обнаруживаемость; читабельность; предсказуемость; сепаративность; ценность; информативная насыщенность. Некоторые из показателей имеют подгруппы характеристик, позволяющие раскрыть всю многогранность данного направления.

Показатель «обнаруживаемость» оценивает доступность элементов ГПИ.

Показатель «читабельность» оценивает степень усилий пользователей по считыванию текстовой информации.

Показатель «предсказуемость» оценивает степень соответствия информации в ГПИ ожиданиям пользователей.

Показатель «сепаративность» оценивает четкость организации и классификации ГЭ в группы или разделение групп элементов.

Показатель «ценность» оценивает ценность информации, представленной в ГПИ.

Показатель «информативная насыщенность» оценивает эффективность использования пространства ГПИ для размещения информации.

С целью демонстрации зависимостей между показателями и их характеристиками составлена иерархия связей, составляющих информативность ГПИ (рис. 5).

Алгоритм оценки эффективности персонализации графических пользовательских интерфейсов служит для оценки эффективности ГПИ в аспекте возможности осуществления индивидуализации под нужды конкретной группы пользователей или индивида.

В состав алгоритма входят следующие показатели: мобильность; всесторонность; соответствие ожиданиям; интернационализация. Дополнительно в показатель «мобильность» входят четыре характеристики: полезность, читабельность, естественность и компактность.

Показатель «мобильность» оценивает гибкость подстройки ГПИ к различным разрешениям дисплеев.

Показатель «всесторонность» оценивает возможность ГПИ предоставлять дополнительную информацию в соответствии с рабочими требованиями.

Показатель «соответствие ожиданиям» оценивает ГПИ с точки зрения единообразности его ГЭ относительно устоявшихся традиций.

Показатель «интернационализация» оценивает возможность ГПИ к адаптации для потенциального использования в любом месте с учетом языковых и культурных особенностей.

Схематично связи между показателями персонализации и их характеристиками представлены на рис. 6.

Алгоритм оценки согласованности информационно-функциональных элементов графических пользовательских интерфейсов служит для оценки ГПИ в аспекте комфорта восприятия представленных ГЭ и их сочетаемости между собой.

В состав алгоритма входят следующие показатели: наглядность; понятность; узнаваемость.

Показатель «наглядность» оценивает степень усилий пользователей по поиску информационно-функциональных элементов ГПИ.

Показатель «понятность» оценивает степень усилий пользователей по пониманию общей логической концепции ГПИ.

Показатель «узнаваемость» оценивает степень узнаваемости пользователями ГЭ интерфейсов.

Схематично связи между показателями согласованности ГЭ интерфейса можно представить в следующем виде (рис. 7).

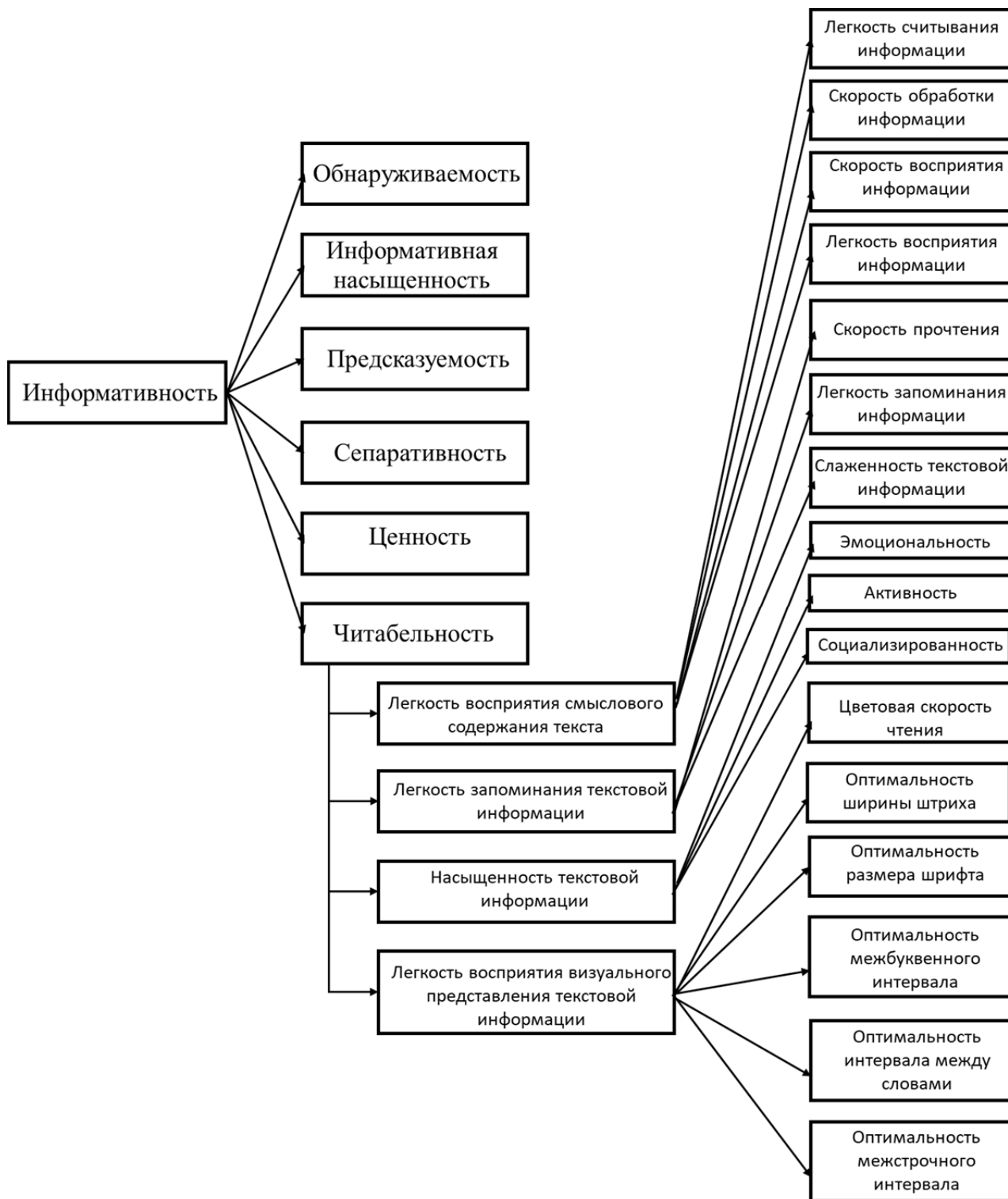


Рис. 5. Иерархия связей показателей, групп характеристик и характеристик информативности ГПИ

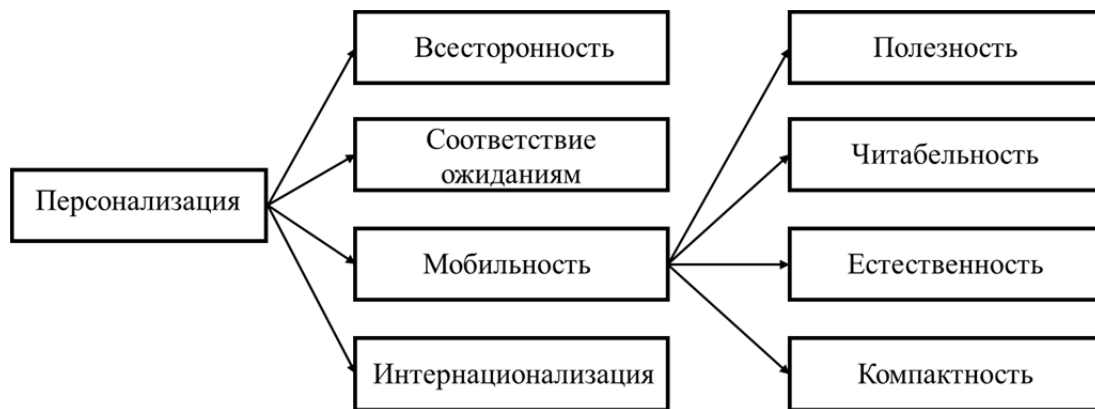


Рис. 6. Иерархия связей между показателями персонализации и их характеристиками

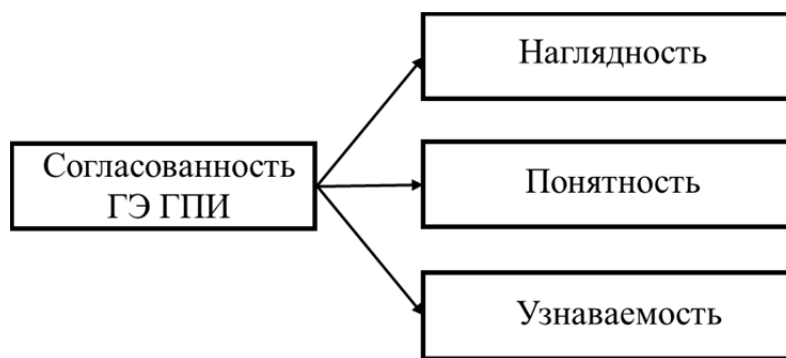


Рис. 7. Иерархия связей между показателями согласованности ГЭ интерфейса

Алгоритм оценки влияния внешних факторов и раздражителей на эффективность восприятия графических пользовательских интерфейсов служит для анализа окружения пользователя и характеристик дисплея, влияющих на эффективность считывания информации из ГПИ.

Спектр показателей внешних факторов и раздражителей разделен на две основные группы: группа внешних факторов и группа раздражителей.

В группу внешних факторов вошли следующие подгруппы и показатели:

- подгруппа «удобство фурнитуры» (в состав которой входят показатели «диффузность» и «конструкционная гибкость»);
- мультидисплейность;
- угловой размер знака;
- угол наблюдения.

В группу раздражителей вошли следующие подгруппы и показатели:

- подгруппа «освещение» (показатели оценки искусственного и естественного освещения);
- подгруппа «дисплей монитора» (показатели: отношение яркостей; неравномерность яркости рабочего поля экрана; контраст изображения; искажение изображения; яркость изображения; неравномерность яркости элементов знаков на экранах; контрастность деталей изображения; контрастность соседних уровней кодирования яркостью; постоянство размера знака; дрожание; несведение цветов; мелькание; электростатический потенциал экрана; разрешение экрана монитора).

Показатель «диффузность» оценивает отсутствие у окружающих предметов, в том числе корпуса дисплея отражающих свойств, создающих, при попадании на них света, блики и отражения.

Показатель «конструкционная гибкость» оценивает конструкционную гибкость дисплея на возможность менять ориентацию, наклон, фиксацию и т.д.

Показатель «мультидисплейность» демонстрирует повышение визуальной и когнитивной нагрузок на пользователей при увеличении числа дисплеев, на которых ему необходимо выполнять свои должностные обязанности.

Показатель «угловой размер знака» оценивает угол между линиями, соединяющими крайние точки знака по высоте и глаз наблюдателя при фронтальном наблюдении.

Показатель «угол наблюдения» оценивает оптимальность угла наблюдения пользователя за ГЭ на мониторе.

Показатель «искусственное освещение» оценивает искусственное освещение, при котором работает пользователь.

Показатель «естественное освещение» оценивает естественное освещение, при котором работает пользователь.

Показатель «отношение яркостей» оценивает отношение яркостей поверхностей в зоне наблюдения пользователя.

Показатель «неравномерность яркости рабочего поля экрана» оценивает качество дисплея с позиции обеспечения равномерной яркости всей поверхности.

Показатель «контраст изображения» оценивает дисплей с позиции обеспечения необходимой контрастности изображения ГПИ.

Показатель «искажение изображения» оценивает отклонение рабочего поля от прямоугольной формы.

Показатель «яркость изображения» оценивает дисплей с позиции отношения яркости излучения и яркости отражения.

Показатель «неравномерность яркости элементов знаков на экранах» оценивает дисплей с позиции обеспечения равномерной яркости всех отображаемых элементов.

Показатель «контрастность деталей изображения» оценивает дисплей с позиции обеспечения необходимой для нормальной работы контрастности деталей изображения.

Показатель «контрастность соседних уровней кодирования яркостью» оценивает дисплей с позиции обеспечения необходимой контрастности соседних уровней кодирования яркостью.

Показатель «постоянство размера знака» оценивает дисплей с позиции обеспечения постоянного размера знака независимо от места расположения на экране.

Показатель «дрожание» оценивает пространственную нестабильность изображения.

Показатель «несведение цветов» оценивает дисплей с позиции качества цветопередачи.

Показатель «мелькание» оценивает нестабильность передаваемого изображения.

Показатель «электростатический потенциал экрана» оценивает напряженность электростатического поля в пространстве перед экраном дисплея.

Показатель «разрешение экрана монитора» оценивает соотношение количества пикселей и физического размера экрана.

Связи между показателями и их характеристиками представлены на рис. 8.

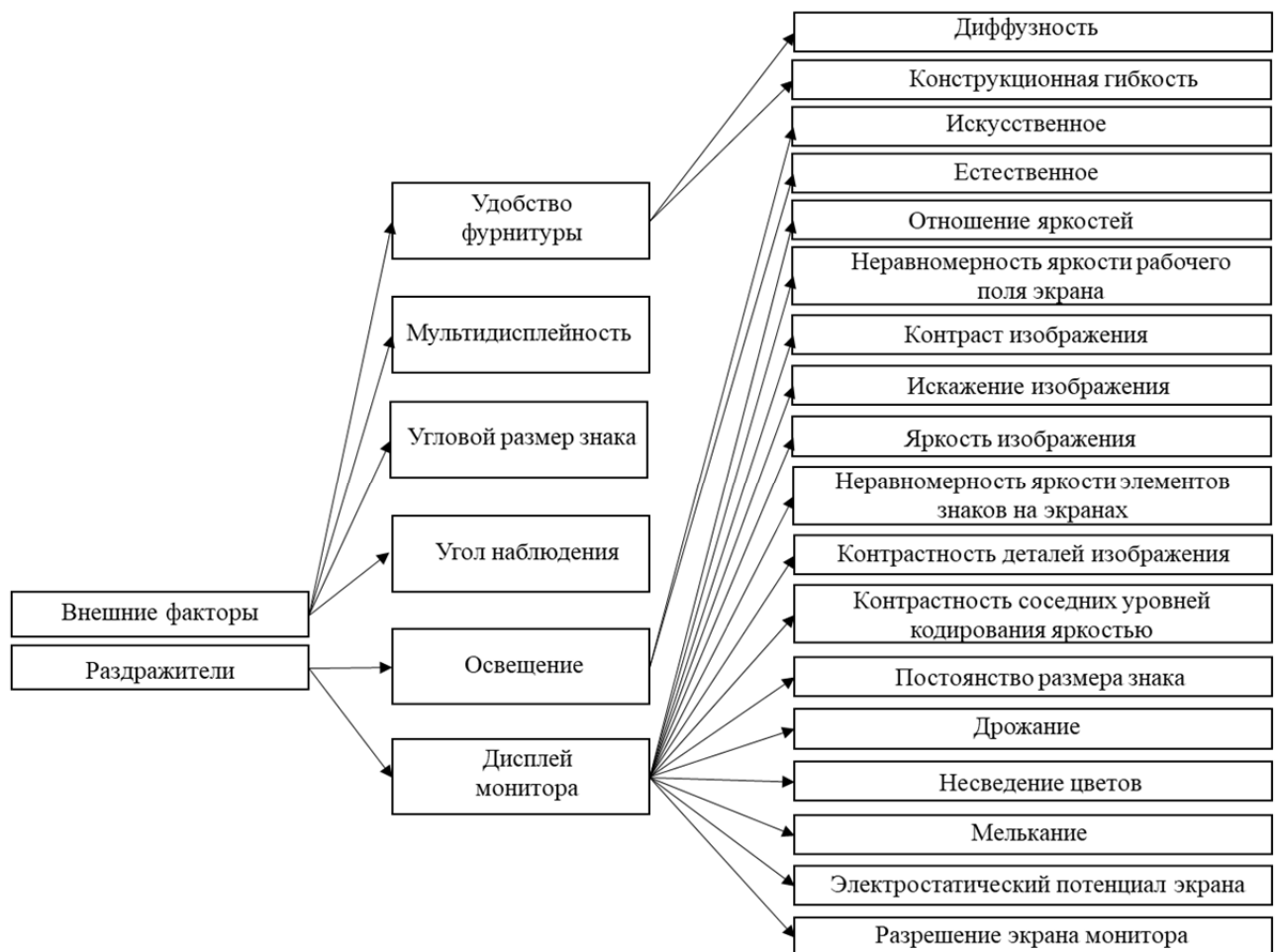


Рис. 8. Иерархия связей между показателями групп внешних факторов и раздражителей

Рассмотрев состав каждого алгоритма в аспектах входящих в их состав показателей, проанализируем возможность существующих количественных методов формализовать представленные авторские показатели (табл.).

Таблица

Возможность оценки показателей эффективности ГПИ существующими методами

№ п/п	Наименование показателя	Возможность формализ. предст.	Источник
1	Аттрактивность	—	—
2	Единообразие	—	—
3	Оптимальность сходимости цветов	—	—
4	Соразмерность	—	—
5	Сбалансированная полярность	—	—
6	Привлекательность	—	—
7	Контрастность	—	—
8	Сигнальная многополярность	+	Шеннон К.Е. [12]
9	Визуальная простота	—	—

№ п/п	Наименование показателя	Возможность формализ. предст.	Источник
10	Организованность	+	Диковицкий В.В. [13]
11	Эстетичность	–	–
12	Лаконичность	+	Стикел-Эбнер-Холзингер [14]
13	Обнаруживаемость	+	Хартли Р.В. [15]
14	Читабельность	–	–
15	Предсказуемость	+	Алефиренко В.М. [16]
16	Сепаративность	+	Фаткин Л.В. [17]
17	Ценность	+	Харкевич А.А. [18]
18	Информативная насыщенность	–	–
19	Мобильность	–	–
20	Всесторонность	+	Звенигородский А.С. [19]
21	Соответствие ожиданиям	+	Закон Хика [20]
22	Интернационализация	–	–
23	Наглядность	–	–
24	Понятность	+	Парк К.С. [21]
25	Узнаваемость	–	–
26	Диффузность	–	–
27	Конструкционная гибкость	–	–
28	Мультидисплейность	–	–
29	Угловой размер знака	+	ГОСТ Р 50923–96 [22]
30	Угол наблюдения	+	ГОСТ Р 50923–96 [22]
31	Искусственное освещение	–	–
32	Естественное освещение	–	–
33	Отношение яркостей	+	ГОСТ Р 50949–2001 [23]
34	Неравномерность яркости рабочего поля экрана	+	ГОСТ Р 50949–2001 [23]
35	Контраст изображения	+	ГОСТ Р 50949–2001 [23]
36	Искажение изображения	+	ГОСТ Р 50949–2001 [23]
37	Яркость изображения	–	–
38	Неравномерность яркости элементов знаков на экранах	+	ГОСТ Р 50948–2001 [24]
39	Контрастность деталей изображения	+	ГОСТ Р 50948–2001 [24]
40	Контрастность соседних уровней кодирования яркостью	+	ГОСТ Р 50948–2001 [24]
41	Постоянство размера знака	+	ГОСТ Р 50948–2001 [24]
42	Дрожание	+	ГОСТ Р 50948–2001 [24]
43	Несведение цветов	+	ГОСТ Р 50948–2001 [24]
44	Мелькание	+	ГОСТ Р 50948–2001 [24]
45	Электростатический потенциал экрана	+	ГОСТ Р 50948–2001 [24]
46	Разрешение экрана монитора	–	–

В результате проведенного анализа выявлено, что практически половина показателей оценки эффективности визуальной составляющей ГПИ не имеет аналогов в формализованном представлении, а также отсутствуют подходы к их вычислению.

Таким образом, необходимо разработать соответствующие авторские математические выражения, позволяющие вычислить показатели.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящей статье предложена разработка комплекса алгоритмов оптимального проектирования и оценки эффективности визуальной составляющей ГПИ, который будет состоять из восьми алгоритмов, всесторонне охватывающих всевозможные характеристики интерфейсов.

В состав каждого алгоритма войдет спектр показателей, описанных в настоящей статье и объединенных в системы по направлениям оценки.

В ходе проведенного анализа существующих количественных методов на возможность реализации с их помощью формализованного представления показателей было выяснено, что 52 % показателей не имеют в настоящее время способов формализованного представления. В дальнейшем планируется разработать как математический аппарат, позволяющий вычислить показатели, так и алгоритмы, наименования которых представлены в настоящей статье.

С помощью предлагаемых к разработке алгоритмов у исследователей появится возможность проводить всестороннюю оценку визуальной составляющей ГПИ, выявить способы снижения когнитивной и визуальной нагрузок на пользователей, а также сравнивать ГПИ различных ПП, являющихся аналогами друг для друга, для выбора наиболее эффективного.

Заключение

Таким образом, в настоящей статье поставлена задача по разработке комплекса алгоритмов оптимального проектирования и оценки эффективности визуальной составляющей ГПИ, который позволит проводить многокритериальную оценку интерфейсов по нескольким направлениям, всестороннее проводя анализ на наличие дефектов.

Также продемонстрирован состав будущих алгоритмов, а именно – показатели оценки эффективности отдельных направлений ГПИ, визуализированы связи между показателями и их характеристиками и представлены в виде систем. Многие из авторских показателей в настоящее время не имеют формализованного представления, поэтому в будущих научных работах автора планируется разработать их математические реализации для проведения полноценных расчетов.

Список источников

1. Norman D.A. Living with complexity. The MIT Press, 2010. 308 p.
2. Круг С. Как сделать сайт удобным. Юзабилити по методу Стива Круга. СПб.: Питер, 2010. 170 с.
3. Нильсен Я. Mobile Usability. Как создавать идеально удобные приложения для мобильных устройств. М.: Эскмо, 2013. 256 с.
4. Круг С. Веб-дизайн или Не заставляйте меня думать! М.: Символ-Плюс, 2008. 216 с.
5. Вострых А.В. Модель описания элементов информационных систем, ориентированных на человеко-машинное взаимодействие // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2021. № 11. С. 23–30.
6. Богданова Е.М., Максимов А.В., Матвеев А.В. Информационная система прогнозирования чрезвычайных ситуаций при использовании адаптивных моделей // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2019. № 2. С. 65–70.
7. Раскин Д. Интерфейс Новые направления в проектировании компьютерных систем. М.: Символ, 2007. 257 с.
8. Уэйншенк С. 100 главных принципов дизайна. Как удержать внимание. СПб.: Питер, 2011. 272 с.

9. Norman D.A. Emotional Design: Why we love (or hate) everyday things. Basic Books, 2005. 272 p.
10. Вострых А.В. Терминологический базис оценки пользовательских интерфейсов: обзор стандартов // Актуальные проблемы инфо-телекоммуникаций в науке и образовании: материалы IX Междунар. науч.-техн. и науч.-метод. конф. СПб.: СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2020. Т. 2. С. 200–207.
11. Вострых А.В. Метод и алгоритмы многокритериальной оценки графических пользовательских интерфейсов программных продуктов МЧС России // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2022. № 4 (40). С. 57–64. DOI: 10.37468/2307-1400-2022-4-57-64. EDN GCHUOC.
12. Shannon C.E. A mathematical theory of communication // Bell System Technical Journal, 1948. P. 379–423.
13. Диковицкий В.В. Формализация задачи построения когнитивных пользовательских интерфейсов мульти предметных ИР // Информационные технологии. 2013. № 5. С. 90–97.
14. Stickel C., Ebner M., Holzinger A. The XAOS metric – understanding visual complexity as measure of usability // 6th Symposium of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering on HCI in Work and Learning, Life and Leisure. 2010. P. 278–290.
15. Hartley V.L. Transmission of information // Bell System Technical Journal. 1928. P. 535–563.
16. Алефиренко В.М., Шамгин Ю.В. Инженерная психология. Минск: БГУИР, 2005. 13 с.
17. Емельянова Ю.Г., Фраленко В.П., Хачумов В.М. Методы комплексного оценивания когнитивных графических образов // Программные системы: Теория и приложения. 2018. № 3. С. 49–63.
18. Харкевич А.А. Проблемы кибернетики. М.: Физматгиз, 1960. 57 с.
19. Звенигородский А.С., Коломыйцев О.А. Оценка визуальной информации в технических системах // Искусственный интеллект. 2011. № 4. С. 19–23.
20. Hick W.E. On the rate of gain of information // Quarterly Journal of Experimental Psychology. 1952. № 4. P. 11–26.
21. Park K.S. Human Reliability: Analysis, Prediction, and Prevention of Human Errors. Elsevier: New York, 1987. 340 p.
22. ГОСТ Р 50923–96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения. М.: Стандартинформ, 2008. 10 с.
23. ГОСТ Р 50948–2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности. М.: Стандартинформ, 2002. 13 с.
24. ГОСТ Р 50949–2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности. М.: Стандартинформ, 2015. 24 с.

References

1. Norman D.A. Living with complexity. The MIT Press, 2010. 308 p.
2. Krug S. Kak sdelat' sajt udobnym. Yuzabiliti po metodu Stiva Kruga. SPb.: Piter, 2010. 170 s.
3. Nil'sen Ya. Mobile Usability. Kak sozdavat' ideal'no udobnye prilozheniya dlya mobil'nyh ustrojstv. M.: Eskmo, 2013. 256 с.
4. Krug S. Veb-dizajn ili Ne zastavlyajte menya dumat'! M.: Simvol-Plyus, 2008. 216 s.
5. Vostryh A.V. Model' opisaniya elementov informacionnyh sistem, orientirovannyh na cheloveko-mashinnoe vzaimodejstvie // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. 2021. № 11. S. 23–30.

6. Bogdanova E.M., Maksimov A.V., Matveev A.V. Informacionnaya sistema prognozirovaniya chrezvychajnyh situacij pri ispol'zovanii adaptivnyh modelej // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2019. № 2. S. 65–70.
7. Raskin D. Interfejs Novye napravleniya v proektirovanii komp'yuternyh sistem. M.: Simvol, 2007. 257 s.
8. Uejnshenk S. 100 glavnyh principov dizajna. Kak uderzhat' vnimanie. SPb.: Piter, 2011. 272 s.
9. Norman D.A. Emotional Design: Why we love (or hate) everyday things. Basic Books, 2005. 272 p.
10. Vostryh A.V. Terminologicheskij bazis ocenki pol'zovatel'skih interfejsov: obzor standartov // Aktual'nye problemy info-telekommunikacij v nauke i obrazovanii: materialy IX Mezhdunar. nauch.-tekhn. i nauch.-metod. konf. SPb.: SPbGUT im. prof. M.A. Bonch-Bruevicha, 2020. T. 2. S. 200–207.
11. Vostryh A.V. Metod i algoritmy mnogokriterial'noj ocenki graficheskikh pol'zovatel'skih interfejsov programmnyh produktov MCHS Rossii // Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie. 2022. № 4 (40). S. 57–64. DOI: 10.37468/2307-1400-2022-4-57-64. EDN GCHUOC.
12. Shannon C.E. A mathematical theory of communication // Bell System Technical Journal, 1948. P. 379–423.
13. Dikovickij V.V. Formalizaciya zadachi postroeniya kognitivnyh pol'zovatel'skih interfejsov mul'ti predmetnyh IR // Informacionnye tekhnologii. 2013. № 5. S. 90–97.
14. Stickel C., Ebner M., Holzinger A. The XAOS metric – understanding visual complexity as measure of usability // 6th Symposium of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering on HCI in Work and Learning, Life and Leisure. 2010. P. 278–290.
15. Hartley V.L. Transmission of information // Bell System Technical Journal. 1928. P. 535–563.
16. Alefirenko V.M., Shamgin Yu.V. Inzhenernaya psihologiya. Minsk: BGUIR, 2005. 13 s.
17. Emel'yanova Yu.G., Fralenko V.P., Hachumov V.M. Metody kompleksnogo ocenivaniya kognitivnyh graficheskikh obrazov // Programmnye sistemy: Teoriya i prilozheniya. 2018. № 3. С. 49–63.
18. Harkevich A.A. Problemy kibernetiki. M.: Fizmatgiz, 1960. 57 s.
19. Zvenigorodskij A.S., Kolomyjcev O.A. Ocenka vizual'noj informacii v tekhnicheskikh sistemah // Iskusstvennyj intellekt. 2011. № 4. S. 19–23.
20. Hick W.E. On the rate of gain of information // Quarterly Journal of Experimental Psychology. 1952. № 4. P. 11–26.
21. Park K.S. Human Reliability: Analysis, Prediction, and Prevention of Human Errors. Elsevier: New York, 1987. 340 p.
22. GOST R 50923–96. Displei. Rabochee mesto operatora. Obshchie ergonomicheskie trebovaniya i trebovaniya k proizvodstvennoj srede. Metody izmereniya. M.: Standartinform, 2008. 10 s.
23. GOST R 50948–2001. Sredstva otobrazheniya informacii individual'nogo pol'zovaniya. Obshchie ergonomicheskie trebovaniya i trebovaniya bezopasnosti. M.: Standartinform, 2002. 13 s.
24. GOST R 50949–2001. Sredstva otobrazheniya informacii individual'nogo pol'zovaniya. Metody izmerenij i ocenki ergonomicheskikh parametrov i parametrov bezopasnosti. M.: Standartinform, 2015. 24 s.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 21.02.2024; одобрена после рецензирования: 26.03.2024;
принята к публикации: 28.03.2024

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 21.02.2024; approved after review: 26.03.2024;
accepted for publication: 28.03.2024

Информация об авторах:

Вострых Алексей Владимирович, старший преподаватель кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: a.vostrykh@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8261-0712>, SPIN-код: 4788-4683

Information about authors:

Vostrykh Aleksey V., senior lecturer, department of applied mathematics and information technology of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: a.vostrykh@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8261-0712>, SPIN: 4788-4683