

Алгоритм оценки эффективности эргономической эстетики графических пользовательских интерфейсов

А. В. Вострых

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

a.vostrykh@list.ru

Аннотация. Стремительное развитие информационно-коммуникационных технологий привело к резко возросшему числу различных программных продуктов, большинство из которых обладает графическим пользовательским интерфейсом. Согласно многочисленным исследованиям, эффективность интерфейсов программ не всегда удовлетворяет требованиям и потребностям пользователей целевой аудитории.

Цель статьи. Разработка научно-методических средств оценки эффективности эргономической эстетики интерфейсов для выявления и последующего исключения их дефектов, что положительно отразится на общем качестве программных продуктов.

Материалы и методы. Проведен анализ существующих количественных методов и подходов оценки интерфейсов, выявлены их преимущества и недостатки, а также возможность реализации с их помощью новых средств оценки. На основе полученных результатов разработаны система показателей и алгоритм оценки эффективности эргономической эстетики графических пользовательских интерфейсов.

Результаты. Проведена формализация показателей оценки эффективности эргономической эстетики графических пользовательских интерфейсов, на основе которых построен алгоритм, позволяющий получить числовые оценки эффективности интерфейсов по заданному направлению, а также проводить сравнение интерфейсов различных программных продуктов, являющихся аналогами друг для друга. На примере интерфейсов двух графических редакторов продемонстрирована работа алгоритма по оценке эффективности их эргономической эстетики.

Ключевые слова: графический пользовательский интерфейс, алгоритм, эргономическая эстетика, эффективность, программный продукт

Для цитирования: Вострых А. В. Алгоритм оценки эффективности эргономической эстетики графических пользовательских интерфейсов // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2024. Т. 17, № 7. С. 51–61. doi: 10.32603/2071-8985-2024-17-7-51-61.

Original article

Algorithm for Evaluating the Effectiveness of the Ergonomic Aesthetics of Graphical User Interfaces

A. V. Vostrykh

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia,

Saint Petersburg, Russia

a.vostrykh@list.ru

Abstract. The rapid development of information and communication technologies has led to a sharp increase in the number of different software products, most of which have a graphical user interface. According to numerous studies, the effectiveness of program interfaces does not always meet the requirements and needs of users of the target audience.

Purpose of the work. To develop scientific and methodological tools for assessing the effectiveness of ergonomic aesthetics of interfaces to identify and subsequently eliminate their defects, which will have a positive impact on the overall quality of software products.

Materials and methods. An analysis of the existing quantitative methods and approaches for assessing interfaces was carried out to identify their advantages and disadvantages, as well as to determine the possibility of implementing new tools of their assessment. Based on the results obtained, a system of indicators and an algorithm for assessing the effectiveness of the ergonomic aesthetics of graphical user interfaces was developed.

Results. We formalized indicators for assessing the effectiveness of ergonomic aesthetics of graphical user interfaces. On this basis, we constructed an algorithm for obtaining numerical estimates of the effectiveness of interfaces in a given direction and to compare the interfaces of various software products that are analogous to each other. Using the example of the interfaces of two graphic editors, the work of the algorithm for assessing the effectiveness of their ergonomic aesthetics is demonstrated.

Keywords: graphical user interface, algorithm, ergonomic aesthetics, effectiveness, software product

For citation: Vostrykh A. V. Algorithm for Evaluating the Effectiveness of the Ergonomic Aesthetics of Graphical User Interfaces // LETI Transactions on Electrical Engineering & Computer Science. 2024. Vol. 17, no. 7. P. 51–61. doi: 10.32603/2071-8985-2024-17-7-51-61.

Введение. Развитие современного социума характеризуется массовым внедрением различных информационно-коммуникационных технологий во все сферы деятельности человека [1]. На постоянной основе разрабатываются новинки различных по функциональному назначению программных продуктов (далее – ПП). Согласно многочисленным исследованиям, эффективность интерфейсов ПП не всегда удовлетворяет требованиям и потребностям пользователей целевой аудитории [1]–[5]. В свою очередь, конкуренция среди средств взаимодействия с потенциальным пользователем ведет к необходимости повышения эффективности, продуктивности коммуникаций и качества используемых для этого информационных технологий, в частности ПП [2]–[3]. Все это приводит к необходимости разработки методов оценки эффективности ПП. Верным направлением в данной области считают акцентирование внимания на одной из главных составляющих любого ПП – графическом пользовательском интерфейсе (далее – ГПИ). Посредством данного элемента осуществляется все взаимодействие пользователей с ПП, а главное – от ГПИ зависит успех итога работы в программе, а также внутривнутрипсихологические и когнитивные затраты пользователей (удовлетворенность трудом, мотивация, умственная нагрузка, легкость освоения программы, вероятность появления ошибок и т. д.) [4]–[7]. В связи с этим актуальна разработка новых научно-методических средств оценки эффективности ГПИ как основного элемента, представляющего ПП.

Постановка задачи. В настоящее время для оценки ГПИ широко используются качественные (субъективные) и количественные методы [8]–[13].

Субъективные подходы, например компетентностный, по мнению различных исследователей, способны проводить полноценный анализ и

оценку ПП [8]–[10]. Автор настоящей статьи не разделяет данные мнения, так как заключения экспертов основываются на личном опыте и далеко не всегда их мнения сопоставимы с требованиями и потребностями пользователей целевой аудитории. Помимо этого, в субъективных подходах отсутствует привязка к характеристикам моделей пользователей, что делает практически все результаты оценок бессмысленными [2], [11].

Более точны количественные методы, к которым можно отнести следующие [3]–[13]: ценность данных (А. А. Харкевич), объем перерабатываемой информации и лаконичность (К. Е. Шеннон), целостность, селективность и сложность поиска (Ю. Г. Емельянова), избыточность (К. С. Парк), объем перерабатываемой информации (Р. В. Хартли), визуальная простота (С. Стикел), информативность и насыщенность (Б. С. Горячкин), наглядность (В. В. Диковицкий), объем переработанной информации (Л. В. Фаткин), визуальная простота (Комбер–Мэлтби), интерпретируемость (Л. А. Кузнецов), структурность (А. С. Звенигородский), закон Фитса, декомпозиция ментальных операторов (И. Н. Оксанич), предсказуемость (В. М. Алифиренко), закон Хика. Основной недостаток данных методов состоит в их узконаправленности – с помощью одного подхода можно оценить только один показатель, что не дает исследователю полной картины анализа.

Автором настоящей статьи предлагается оценить одно из нескольких направлений визуальной составляющей ГПИ, а именно эргономическую эстетику. Так, предлагается ввести следующие показатели оценки эффективности эргономической эстетики ГПИ: визуальная простота, организованность, эстетичность и лаконичность. В состав показателя «эстетичность» автором предла-

гается ввести следующие характеристики: цвето-форма, цветовой вес, цветовое распространение и 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 гармоничность цветовой схемы ГПИ.

Показатель «лаконичность» оценивает краткость и ясность выводимой с помощью ГПИ информации.

Схематично связи между показателями и характеристиками эргономической эстетики, объединенными в систему, можно представить следующим образом (рис. 1).

С целью проверки возможности использования существующих количественных методов, представленных выше, для реализации авторских показателей оценки эффективности эргономической эстетики ГПИ проведен анализ, представленный в табл. 1.

Таким образом, найдены подходы, с помощью которых возможно реализовать формализованное представление следующих показателей: визуальная простота, организованность и лаконичность.

С целью формализации показателя «Эстетичность» и его характеристик проведен анализ научной литературы из областей: нейроэстетики, дизайна, проектирования и психологии.

Относительно характеристики «Цветовой вес» (влияние цвета на габариты объекта) полезны результаты исследований американских психологов Д. Вадеа и И. Флинна, которые доказали, что цвету присущ физический вес [6]. В соответ-

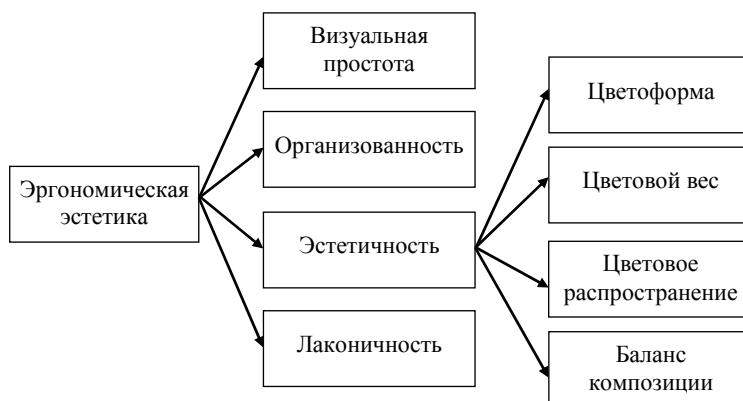


Рис. 1. Система показателей эргономической эстетики

Fig. 1. Ergonomic aesthetics indicator system

Табл. 1. Возможность использования существующих методов оценки реализации показателей

Tab. 1. Possibility of using the existing assessment methods to indicator implementation

Показатели оценки эффективности эргономической эстетики ГПИ	Методы и метрики												
	Ценность данных (А. А. Харкевич)	Объем перерабатываемой информации (К. Е. Шеннон)	Целостность (Ю. Г. Емельянова)	Наглядность (В. В. Диковицкий)	Визуальная простота (С. Стикел)	Избыточность (К. С. Парк)	Объем перерабатываемой информации (Р. В. Хартли)	Информативность (Б. С. Горячкин)	Модель измерения сложности ЛОС-СС	Насыщенность (Б. С. Горячкин)	Сложность поиска (Ю. Г. Емельянова)	Селективность (Ю. Г. Емельянова)	Закон Хика
Визуальная простота	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Организованность	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Лаконичность	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Эстетичность	Цветоформа	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Цветовой вес	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Цветовое распространение	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Баланс композиции	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ствии с их экспериментом самый легкий – белый цвет, самым тяжелый, соответственно, – черный. Для использования в расчетах этих данных автором настоящей статьи введен коэффициент цветового веса k_{we} согласно пропорциональным соотношениям из [6] (табл. 2).

Табл. 2. Значение коэффициентов цветового веса
Tab. 2. Value of color weight coefficients

Цвет	Коэффициент k_{we}
Белый (в качестве исходного)	0.10
Желтый	0.15
Зеленый	0.30
Синий	0.70
Серый	0.73
Красный	0.78
Черный	0.90

Зависимость восприятия габаритов объекта от цвета. Цвет способен видоизменить восприятие габаритов объекта – так, окрашенные в теплые тона (желтый и красный) предметы, визуально представляются зрителю объемнее, а предметы, окрашенные в холодные цвета (синий и зеленый), кажутся более мелкими, чем они есть на самом деле [6].

Зависимость восприятия остроты углов от цвета. Эксперименты исследователей [4]–[5] показали, что холодные цвета имеют склонность к «прямолинейности» граней и «образованию» углов. В свою очередь, острые формы, окрашенные в теплые цвета, «теряют» остроту углов.

Цветовое распространение. Проведенные эксперименты [4]–[5] продемонстрировали, что гармония изображения зависит от цветового состава и площадей, занимаемых этими цветами. Гармоничные размеры плоскостей для основных и дополнительных цветов могут быть выражены цифровыми соотношениями (табл. 3).

Также в табл. 3 автором настоящей статьи введен коэффициент цветового заполнения k_{cf} , который демонстрирует предельную для гармоничности картины долю заливки пространства ГПИ определенным цветом.

Табл. 3. Соотношения цветов – степени светлоты – размера занимаемой плоскости
Tab. 3. Color ratios – degree of lightness – size of the occupied plane

Цвет	Соотношения световой насыщенности цвета	Гармоничные размеры цветовых плоскостей	Коэффициент k_{cf}
Желтый	9	3	0.10
Оранжевый	8	4	0.11
Красный	6	6	0.16
Фиолетовый	3	9	0.25
Синий	4	8	0.22
Зеленый	6	6	0.16

Цветоформа. Исследования [8] показали, что цвета ассоциируются у людей с определенными формами. Красному цвету соответствует квадрат и его производные, например крест, прямоугольник, меандр. Светло-желтому цвету соответствует треугольник и его производные – ромбы, трапеции, зигзаги и т. д. Синему цвету соответствует круг и все изогнутые подобные формы – эллипс, овал, волнообразные формы параболы и их производные. Цветам второго порядка соответствуют следующие формы: оранжевому – трапеция; зеленому – сферический треугольник; фиолетовому – эллипс (табл. 4).

Табл. 4. Соответствие форма–цвет
Tab. 4. Shape–color correspondence

Цвет	Форма
Желтый	Треугольник
Зеленый	Сферический треугольник
Синий	Круг
Красный	Квадрат
Оранжевый	Трапеция
Фиолетовый	Эллипс

Подчиненность определенного цвета соответствующей ему форме предполагает некий параллелизм. Там, где цвет и форма согласованы в своей выразительности, их воздействие на зрителя удваивается. Изображение, воздействие которого определяется главным образом цветом, должно строиться на подчинении формы цвету.

Рассмотрев теоретическую основу, перейдем к формализованному описанию показателей эргономической эстетики.

Основная часть статьи. Для вычисления показателя «Визуальная простота» представляется возможным использовать формулу Емельяновой Д. А. [12]

$$F_{sp} = 1 / AN \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i, \quad (1)$$

где N – количество свойств информационно-функциональных элементов (далее – ИФЭ) ГПИ (ширина, высота, удаленность от верхней и боковой границы окна ГПИ); A – количество информационно-функциональных элементов ГПИ; n_i – количество свойств ИФЭ ГПИ i -го класса; p_i – приоритет классов элементов ГПИ.

Чем выше значение показателя «Визуальная простота», тем эффективнее ГПИ по данному показателю.

Для вычисления показателя «Организованность» представляется возможным использовать формулу В. В. Диковицкого [13]

$$F_{\text{obv}} = \sum_{l=1}^L p(l), \quad (2)$$

где L – количество подуровней ИФЭ навигации ГПИ; $p(l)$ – функция, характеризующая вероятность нахождения искомого элемента в анализируемой области ГПИ; $p(l): \Gamma^l = \{G_i^l\} \rightarrow [0, 1]$, где множество групп ИФЭ навигации ГПИ i -го уровня, G_i^l – i -я группа ИФЭ навигации ГПИ i -го уровня; $p(l) = p(G_i^l) = \max w(a)$, a – идентифицирующий атрибут, $w(a) \in [0, 1]$ – нормированный вес атрибута a ; $\Gamma^l = \{p_i^l\}$ – множество свойств ИФЭ навигации ГПИ, используемых для формирования групп навигационной структуры.

Чем ниже значение показателя «Организованность», тем эффективнее ГПИ по данному показателю.

В настоящее время в научной литературе отсутствует формальное представление показателя «Эстетичность», поэтому представлен авторский способ решения данной задачи. Для расчета настоящего показателя необходимо вычислить следующие характеристики: «Цветоформа», «Цветовой вес», «Цветовое распространение», «Баланс композиции».

Характеристика «Цветоформа» вычисляется с помощью следующей формулы, предложенной автором настоящей статьи:

$$D_{fc} = A \sum_{i=1}^A k_{fc_i}, \quad (3)$$

где A – количество информационно-функциональных элементов ГПИ; k_{fc} – коэффициент цветоформы, выбирается согласно табл. 4 и следующему выражению:

$$\begin{cases} \text{if } F_g = C_f \rightarrow k_{fc} = 0.5, \\ \text{else } k_{fc} = 0.1, \end{cases} \quad (4)$$

где F_g – форма ИФЭ интерфейса; C_f – цвет формы ИФЭ интерфейса.

Характеристика «Цветовой вес» вычисляется с помощью следующей формулы, предложенной автором настоящей статьи:

$$D_{we} = 1 / \sum_{i=1}^{N_c} S_{c_i} k_{we_i}, \quad (5)$$

где N_c – общее количество цветов в ГПИ; S_c – площадь определенного цвета в ГПИ; k_{we} – коэффициент цветового веса выбирается из табл. 2.

Характеристика «Цветовое распространение» вычисляется с помощью следующей формулы, предложенной автором настоящей статьи:

$$D_{cf} = \sum_{i=1}^{N_c} S_{c_i} k_{cf_i} / N_c, \quad (6)$$

где k_{cf} – коэффициент цветового заполнения выбирается из табл. 3.

Характеристика «Баланс композиции». Согласно правилам композиционного баланса, изображение ГПИ должно быть практически симметричным (правая и левая половина изображения ГПИ должны быть почти идентичными по цветовому наполнению и структуре), полная симметрия исключается, так как она не вызывает положительных эмоций и впечатлений у пользователей, поэтому необходимо проверить вес W_c обеих частей ГПИ с помощью формулы, предложенной автором статьи:

$$W_c = \sum_{i=1}^{N_{cr}} k_{we_i} S_{cr_i} / \sum_{i=1}^{N_{cl}} k_{we_i} S_{cl_i}, \quad (7)$$

где S_{cr} – площадь определенного цвета, располагающегося в правой половине ГПИ; N_{cr} – количество цветов в правой половине ГПИ; S_{cl} – площадь определенного цвета, располагающегося в левой половине ГПИ; N_{cl} – количество цветов в левой половине ГПИ.

Автором настоящей статьи введен коэффициент баланса композиции k_{com} , который определяется следующим выражением:

$$\begin{cases} \text{if } 0 < W_c < 0.8 \rightarrow k_{\text{com}} = 0.5, \\ \text{if } 0.8 < W_c < 1 \rightarrow k_{\text{com}} = 1, \\ \text{if } 1 \leq W_c \rightarrow k_{\text{com}} = 0.5. \end{cases} \quad (8)$$

С помощью (5) учитывается как сильное расхождение в симметрии, так и исключается полное совпадение обеих половин изображения ГПИ. Таким образом, характеристика «Баланс композиции» определяется коэффициентом k_{com} .

Для вычисления показателя «Эстетичность» автором настоящей статьи предложена следующая формула:

$$E_{gpi} = D_{fc} D_{we} D_{cf} k_{com} k_y k_{sim}, \quad (9)$$

где k_y – коэффициент цветовой умеренности, выбирается с помощью следующего выражения, предложенного автором статьи:

$$\begin{cases} \text{if } 1 < N_c \leq 6 \rightarrow k_y = 0.5 \\ \text{else } k_y = 0.1. \end{cases} \quad (10)$$

Данное выражение основано на многочисленных исследованиях как зарубежных, так и отечественных ученых [3]–[7], которые свидетельствуют о том, что использование в цветовой схеме ГПИ более шести цветов снижает эстетичность ГПИ и усложняет его восприятие пользователями.

k_{sim} – коэффициент симультанного контраста, который выбирается с помощью следующего выражения, предложенного автором статьи:

$$\begin{cases} \text{if } k_{sim} = 0.1 | (S_{cle} \cap S_{cle}) \vee (S_{cle} \cap S_{gr}) \\ \text{else } k_{sim} = 0.5, \end{cases} \quad (11)$$

где S_{cle} – площадь чистых цветов; S_{gr} – площадь ароматических цветов.

Симультанный контраст возникает при сочетании серого и какого-либо чистого хроматического цвета, а также при сочетании двух чистых цветов, не относящихся к строго дополнительным. Данный контраст отрицательно влияет на восприятие пользователями изображения приводя к возникновению иллюзорных эффектов [7].

Чем выше значение показателя «Эстетичность», тем эффективнее ГПИ по данному показателю.

Вычислить показатель «Лаконичность» представляется возможным с помощью формулы Стикела–Эбнера–Холзингера [12]:

$$X = \frac{1}{AOS}, \quad (12)$$

где O – количество групп, в которые можно организовать отдельные информационно-функциональные

элементы ГПИ; S – суммарная энтропия RGB (разность объема изображения ГПИ до и после сжатия).

Обсуждение результатов. Таким образом, в результате формализации каждого показателя и характеристики открывается возможно описать алгоритм оценки эффективности эргономической эстетики ГПИ, который состоит из следующих шагов:

- шаг 1 – начало;
- шаг 2 – ввод данных;
- шаг 3 – подсчет количества ИФЭ в ГПИ A ;
- шаг 4 – подсчет количества свойств ИФЭ ГПИ N ;
- шаг 5 – подсчет количества классов ИФЭ i ;
- шаг 6 – если найдены все ИФЭ в ГПИ, то переход к шагу 7, если нет, то возврат на шаг 3;
- шаг 7 – ранжирование полученных классов и выставление приоритетов p_i ;
- шаг 8 – подсчет количества свойств ИФЭ ГПИ i -го класса n_i ;
- шаг 9 – вычисление показателя «Визуальная простота» F_{sp} с помощью формулы (1);
- шаг 10 – подсчет количества подуровней ИФЭ навигации ГПИ L ;
- шаг 11 – подсчет количества групп ИФЭ $\{G_i^l\}$ навигации ГПИ i -го уровня;
- шаг 12 – подсчет количества свойств ИФЭ навигации ГПИ каждой группы по отдельности $\{p_i^l\}$;
- шаг 13 – если найдены все группы переход на шаг 14, если нет – возврат к шагу 11;
- шаг 14 – вычисление показателя «Организованность» ГПИ F_{obv} с помощью (2);
- шаг 15 – подсчет количества групп, в которые можно организовать отдельные ИФЭ ГПИ O ;
- шаг 16 – если проверены все группы переход к шагу 17, если нет – возврат на шаг 15;
- шаг 17 – выбор коэффициента цветоформы k_{fc} с помощью выражения (4) и табл. 4;
- шаг 18 – вычисление характеристики «Цветоформа» D_{fc} с помощью (3);
- шаг 19 – подсчет общего количества цветов в ГПИ N_c ;
- шаг 20 – вычисление площади каждого цвета S_c ;
- шаг 21 – выбор коэффициента цветового веса k_{we} из табл. 2;
- шаг 22 – вычисление характеристики «Цветовой вес» D_{we} с помощью (5);
- шаг 23 – вычисление характеристики «Цветовое распространение» D_{cf} с помощью (6);

шаг 24 – подсчет количества цветов в правой половине ГПИ N_{cr} ;

шаг 25 – вычисление площади каждого цвета, располагающегося в правой половине ГПИ S_{cr} ;

шаг 26 – если найдены все цвета правой половины, то переход к шагу 27, если нет, возврат к шагу 24;

шаг 27 – подсчет количества цветов в левой половине ГПИ N_{cl} ;

шаг 28 – вычисление площади каждого цвета, располагающегося в левой половине ГПИ S_{cl} ;

шаг 29 – если найдены все цвета левой половины, то переход к шагу 30, если нет, возврат к шагу 27;

шаг 30 – вычисление характеристики симметричности ГПИ W_c с помощью (7);

шаг 31 – выбор коэффициента баланса композиции k_{com} с помощью выражения (8);

шаг 32 – выбор коэффициента цветовой умеренности ГПИ k_y с помощью выражения (10);

шаг 33 – поиск наличия ахроматических цветов в ГПИ S_{gr} ;

шаг 34 – выбор коэффициента симультанного контраста k_{sim} с помощью выражения (11);

шаг 35 – вычисление показателя «Эстетичность» E_{gpi} с помощью (9);

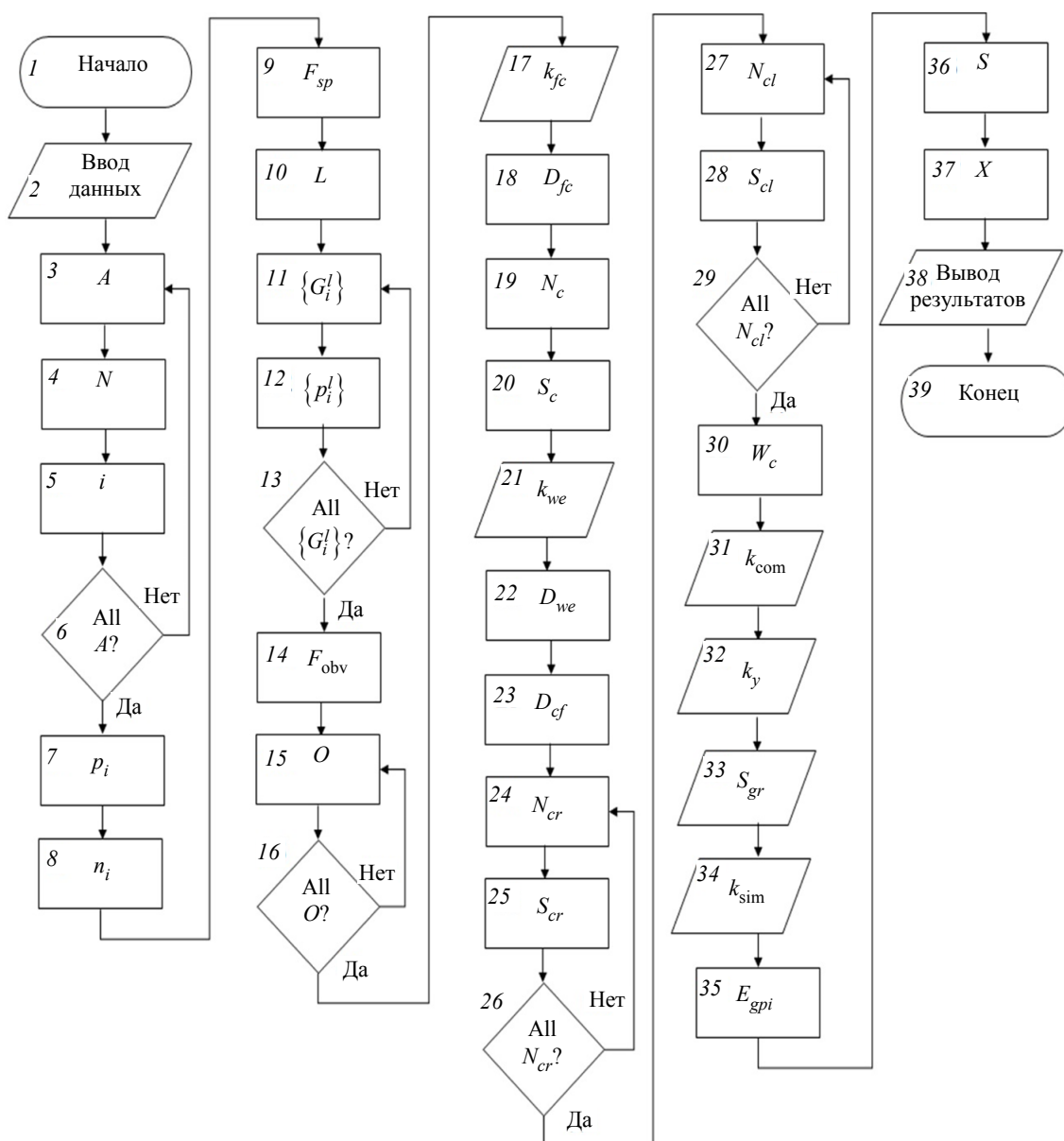


Рис. 2. Схема алгоритма оценки эффективности эргономической эстетики ГПИ

Fig. 2. Scheme of the algorithm for evaluating the effectiveness of the ergonomic aesthetics of a graphical user interface

шаг 36 – вычисление суммарной энтропии RGB – S;

шаг 37 – вычисление показателя «Лаконичность» ГПИ X с помощью (12);

шаг 38 – вывод результатов;

шаг 39 – конец алгоритма.

Схема алгоритма оценки эффективности эргономической эстетики ГПИ представлена на рис. 2.

Таким образом, с помощью разработанного в настоящей статье алгоритма открывается возможность оценки как всего направления эргономической эстетики, так и отдельных показателей: визуальной простоты, организованности, эстетичности, лаконичности, что позволяет исследователям изменять детализацию анализа, а также сравнивать интерфейсы ГПИ схожего назначения и функционала между собой для выбора, наиболее подходящего по данному направлению.

С целью демонстрации работоспособности предложенного в настоящей статье алгоритма оценена эффективность эргономической эстетики двух ГПИ многофункциональных растровых графических редакторов Corel PHOTO-PAINT и Adobe Photoshop (табл. 5). Данные ГПИ в настоящее время конкурируют между собой за внимание потребителей и имеют схожие ГПИ по своему визуальному представлению, наполнению ИФЭ, цветовой схеме и другим качествам.

По результатам работы алгоритма можно сделать следующие выводы:

– относительно показателя «Визуальная простота»: ГПИ Adobe Photoshop продемонстрировал лучший результат в сравнении с Corel PHOTO-PAINT по причине меньшего количества ИФЭ в ГПИ;

– относительно показателя «Организованность»: ГПИ Corel PHOTO-PAINT продемонстрировал лучший результат в сравнении с Adobe Photoshop по причине меньшего количества подуровней ИФЭ навигации ГПИ, что способствует повышению вероятности нахождения искомого элемента в анализируемой области ГПИ;

– относительно характеристики «Цветоформа» показателя «Эстетичность»: ГПИ программ продемонстрировали практически идентичные результаты, что связано с использованием схожих цветовых схем для реализации ГПИ и форм ИФЭ;

– относительно характеристики «Цветовой вес» показателя «Эстетичность»: ГПИ Adobe Photoshop продемонстрировал лучший результат в сравнении с Corel PHOTO-PAINT по причине меньшего количества ИФЭ в ГПИ;

– относительно характеристики «Цветовое распространение» показателя «Эстетичность»: ГПИ программ продемонстрировали практически идентичные результаты, что связано с использованием схожих цветовых схем для реализации ГПИ;

– относительно характеристики «Баланс композиции» показателя «Эстетичность»: ГПИ программ продемонстрировали идентичные результаты, что связано с одинаковым расположением панелей инструментов и основного меню, а также дополнительных окон;

– относительно показателя «Эстетичность» ГПИ Adobe Photoshop продемонстрировал лучший результат в сравнении с Corel PHOTO-PAINT по причине более низкого значения симультанного контраста в ГПИ и меньшего количества цветов, используемых в цветовой схеме;

Табл. 5. Результаты вычислений по показателям оценки эффективности эргономической эстетики ГПИ
Tab. 5. Calculation results based on the indicators of evaluating the effectiveness of the ergonomic aesthetics of a graphical user interface

Составляющие эффективности эргономической эстетики ГПИ			ГПИ программ	
Показатели	max/min	Характеристики	Corel PHOTO-PAINT	Adobe Photoshop
Визуальная простота (1)	max	–	0.00342	0.00379
Организованность (2)	min	–	0.423	0.456
Эстетичность (9)	max	Цветоформа (3)	0.224	0.226
		Цветовой вес (5)	0.125	0.215
		Цветовое распространение (6)	0.341	0.343
		Баланс композиции (8)	0.5	0.5
		Эстетичность (9)	0.428	0.488
Лаконичность (12)	max	–	0.237	0.255

Табл. 6. Шкала относительной важности
Tab. 6. The scale of relative importance

Уровень важности	Количественное значение
Равная важность	1
Небольшое превосходство	3
Умеренное превосходство	5
Значительное превосходство	7
Очень большое превосходство	9

– относительно показателя «Лаконичность» ГПИ Adobe Photoshop продемонстрировал лучший результат в сравнении с Corel PHOTO-PAINT по причине меньшего количества ИФЭ и их групп в ГПИ.

Далее определяются максимальные собственные значения и степень согласованности матриц парных сравнений. Затем синтезируются приоритеты уровней и выбирается оптимальная альтернатива (табл. 8).

Таким образом, в результате проведенных вычислений наиболее эффективной эргономической эстетикой обладает ГПИ Adobe Photoshop.

Выводы и заключение. Разработанные и представленные в настоящей статье показатели, характеристики и алгоритм оценки эффективности эргономической эстетики ГПИ позволяют анализировать эффективность представления информации с помощью интерфейса и, как следствие, гипотетиче-

Табл. 7. Ранжирование критериев
Tab. 7. Ranking criteria

Критерии	Визуальная простота	Организованность	Эстетичность	Лаконичность	Среднее геометрическое	Вес критерия
Визуальная простота	1	3	5	8	3.309	0.573
Организованность	0.333	1	3	5	1.495	0.258
Эстетичность	0.2	0.333	1	3	0.668	0.115
Лаконичность	0.125	0.2	0.333	1	0.302	0.052
Сумма					5.775	–

Табл. 8. Выбор оптимальной альтернативы
Tab. 8 Optimal alternative selection

Альтернативы	Критерии				Глобальные приоритеты
	Визуальная простота	Организованность	Эстетичность	Лаконичность	
	Числовые значения вектора приоритета				
	0.573	0.258	0.115	0.052	–
Adobe Photoshop	0.666	0.333	0.750	0.750	0.594
Corel PHOTO-PAINT	0.333	0.666	0.249	0.249	0.405

Для определения наилучшей альтернативы из программ Corel PHOTO-PAINT и Adobe Photoshop воспользуемся методом анализа иерархий. Введем шкалу относительной важности, которая содержит значения, представленные в табл. 6.

Проранжируем критерии (показатели эффективности эргономической эстетики ГПИ), по которым будет выбираться лучшая альтернатива. Ранжирование осуществляется согласно требованиям и потребностям пользователей целевой аудитории. Допустим, имеем следующий приоритет критериев (от большего к меньшему): визуальная простота, организованность, эстетичность, лаконичность (табл. 7).

ски рассчитать визуальную и когнитивную нагрузку на пользователей, степень удовлетворения от взаимодействия с ПП, а также проводить сравнения разных интерфейсов между собой как в целом, так и по отдельным показателям. Это позволит заказчикам ПП делать обоснованный выбор в пользу того или иного программного продукта.

В дальнейшем планируется продолжить исследования в данном направлении и на основе представленного в настоящей статье алгоритма разработать ПП, который автоматизирует процесс оценки эффективности эргономической эстетики ГПИ, сократив этим временные и человеческие ресурсы.

Список литературы

1. Богданова Е. М., Максимов А. В., Матвеев А. В. Информационная система прогнозирования чрезвычайных ситуаций при использовании адаптивных

моделей // Вестн. Санкт-Петербургского ун-та Гос. противопожарной службы МЧС России. 2019. № 2. С. 65–70.

2. Николаев Д. В., Вострых, А. В., Скуртул И. В. Экономические обоснования перехода на новые подходы в проектировании интерфейсов программных продуктов МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 1(53). С. 85–89.

3. Пономарев И. А. Методы формальной оценки пользовательского интерфейса прикладных программ для ЭВМ // Объединенный науч. журн. 2005. № 3(131). С. 55–57.

4. Мельникова Р. В. Проектирование пользовательского интерфейса // Восточно-Евр. журн. передовых технологий. 2010. Т. 6, № 8(48). С. 18–20.

5. Антонов А. В., Жарко Е. Ф., Промыслов В. Г. Проблемы оценки надежности и качества программного обеспечения в автоматизированных системах управления технологическими процессами // Надежность. 2015. № 4(55). С. 87–91.

6. Самойлов К. В. Подходы к определению юзабилити // Психологический журн. 2013. Т. 34, № 4. С. 106–108.

7. Кузнецов Л. А., Бугаков Д. А. Разработка меры оценки информационного расстояния между графическими объектами // Информационно-управляющие системы. 2013. № 1(62). С. 74–79.

8. Оксанич И. Н. Модель декомпозиции ментальных операторов в проблемно ориентированном интерфейсе пользователя и ее экспериментальное исследование // Математические машины и системы. 2010. № 1. С. 105–112.

9. Звенигородский А. С., Коломыйцев О. А. Оценка визуальной информации в технических системах // Искусственный интеллект. 2011. № 4. С. 19–23.

10. Матвейкин В. Г., Дмитриевский Б. С., Ляпин Н. Р. Информационные системы интеллектуального анализа. М.: Машиностроение, 2008. 92 с.

11. Вострых А. В. Модель описания элементов информационных систем, ориентированных на человеко-машинное взаимодействие // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2021. № 11. С. 23–30.

12. Емельянова Ю. Г., Фраленко В. П., Хачумов В. М. Методы комплексного оценивания когнитивных графических образов // Программные системы: Теория и приложения. 2018. Т. 9, № 3(38). С. 49–63.

13. Шишаев М. Г., Ломов П. А., Диковицкий В. В. Формализация задачи построения когнитивных пользовательских интерфейсов мультипредметных информационных ресурсов // Информационные технологии. 2013. № 5. С. 90–97.

Информация об авторе

Вострых Алексей Владимирович – старший преподаватель кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, Московский пр., д. 149, Санкт-Петербург, 196105, Россия.

E-mail: hillpskov@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8261-0712>

References

1. Bogdanova E. M., Maksimov A. V., Matveev A. V. Informacionnaja sistema prognozirovanija chrezvychajnyh situacij pri ispol'zovanii adaptivnyh modelej // Vestn. Sankt-Peterburgskogo un-ta Gos. protivopozharnoj sluzhby MChS Rossii. 2019. № 2. S. 65–70. (In Russ.).

2. Nikolaev D. V., Vostryh, A. V., Skurtul I. V. Jekonomicheskie obosnovanija perehoda na novye podhody v proektirovanii interfejsov programmnyh produktov MChS Rossii // Problemy upravlenija riskami v tehnosfere. 2020. № 1(53). S. 85–89. (In Russ.).

3. Ponomarev I. A. Metody formal'noj ocenki pol'zovatel'skogo interfejsa prikladnyh programm dlja JeVM // Ob#edinennyj nauch. zhurn. 2005. № 3(131). S. 55–57. (In Russ.).

4. Mel'nikova R. V. Proektirovanie pol'zovatel'skogo interfejsa // Vostochno-Evr. zhurn. peredovyh tehnologij. 2010. Т. 6, № 8(48). S. 18–20. (In Russ.).

5. Antonov A. V., Zharko E. F., Promyslov V. G. Problemy ocenki nadezhnosti i kachestva programmnoho obespechenija v avtomatizirovannyh sistemah upravlenija tehnologicheskimi processami // Nadezhnost'. 2015. № 4(55). S. 87–91. (In Russ.).

6. Samojlov K. V. Podhody k opredeleniju juzabiliti // Psihologicheskij zhurn. 2013. Т. 34, № 4. S. 106–108. (In Russ.).

7. Kuznecov L. A., Bugakov D. A. Razrabotka mery ocenki informacionnogo rasstojanija mezhdru graficheskimi ob#ektami // Informacionno-upravljajushhie sistemy. 2013. № 1(62). S. 74–79. (In Russ.).

8. Oksanich I. N. Model' dekompozicii mental'nyh operatorov v problemno orientirovannom interfejse pol'zovatelja i ee jeksperimental'noe issledovanie // Matematicheskie mashiny i sistemy. 2010. № 1. S. 105–112. (In Russ.).

9. Zvenigorodskij A. S., Kolomyjcev O. A. Ocenka vizual'noj informacii v tehniceskijh sistemah // Iskusstvennyj intellekt. 2011. № 4. S. 19–23. (In Russ.).

10. Matvejkin V. G., Dmitrievskij B. S., Ljapin N. R. Informacionnye sistemy intellektual'nogo analiza. M.: Mashinostroenie, 2008. 92 s. (In Russ.).

11. Vostryh A. V. Model' opisanija jelementov informacionnyh sistem, orientirovannyh na cheloveko-mashinnoe vzaimodejstvie // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. 2021. № 11. S. 23–30. (In Russ.).

12. Emel'janova Ju. G., Fralenko V. P., Hachumov V. M. Metody kompleksnogo ocenivanija kognitivnyh graficheskijh obrazov // Programmnye sistemy: Teorija i prilozhenija. 2018. Т. 9, № 3(38). S. 49–63. (In Russ.).

13. Shishaev M. G., Lomov P. A., Dikovickij V. V. Formalizacija zadachi postroenija kognitivnyh pol'zovatel'skijh interfejsov mul'tipredmetnyh informacionnyh resursov // Informacionnye tehnologii. 2013. № 5. S. 90–97. (In Russ.).

Information about the author

Aleksey V. Vostrykh – Cand. Sci. (Eng.), Senior Lecturer, Department of Applied Mathematics and Information Technology of Saint Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Moskovsky av., 149, Saint Petersburg, 196105, Russia.

E-mail: a.vostrykh@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8261-0712>

Статья поступила в редакцию 19.03.2024; принята к публикации после рецензирования 28.05.2024; опубликована онлайн 30.09.2024.

Submitted 19.03.2024; accepted 28.05.2024; published online 30.09.2024.
