

УДК 004.514

DOI 10.37468/2307-1400-2024-3-77-89

## АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИЗУАЛЬНОЙ ЭСТЕТИКИ ИНТЕРФЕЙСОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЭКСТРЕННЫМИ СЛУЖБАМИ

*Вострых Алексей Владимирович*

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России имени Героя  
Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, Санкт-Петербург, Россия

### АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается проблема качества специализированных программных продуктов, используемых в работе экстренных служб. Данная проблема в значительной степени зависит от эффективности графических пользовательских интерфейсов программ. Целью статьи является разработка научно-методических средств, позволяющих проводить оценку эффективности визуальной эстетики интерфейсов. Для реализации поставленной цели в статье разработан спектр показателей и характеристик, объединённых в систему; проведена формализация предложенных показателей и характеристик, разработан алгоритм оценки эффективности визуальной эстетики графических пользовательских интерфейсов, позволяющий находить дефекты, а также сравнивать интерфейсы между собой. В состав предложенного алгоритма вошли три направления оценки: цветовая эстетика, композиционное равновесие и эргономическая эстетика, которые содержат двенадцать показателей и десять характеристик. Широкий спектр используемых показателей предоставляет возможность исследователям детально и гибко проводить анализ эффективности интерфейсов специализированных информационных систем и программ, а также выявлять как положительные, так и отрицательные аспекты их реализации.

**Ключевые слова:** графический пользовательский интерфейс, алгоритм, визуальная эстетика, эффективность, специализированные программные продукты, экстренные службы.

## ALGORITHM FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF VISUAL AESTHETICS OF INTERFACES OF SPECIALIZED SOFTWARE PRODUCTS USED BY EMERGENCY SERVICES

*Vostrykh Alexey V.*

<sup>1</sup> St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia named after Hero of the Russian Federation Army General E.N. Zinichev, St. Petersburg, Russia

### ABSTRACT

The article considers the problem of quality of specialized software products used in the work of emergency services. This problem largely depends on the efficiency of graphical user interfaces of programs. The purpose of the article is to develop scientific and methodological tools that allow evaluating the efficiency of visual aesthetics of interfaces. To achieve this goal, the article: developed a range of indicators and characteristics combined into a system; formalized the proposed indicators and characteristics; developed an algorithm for assessing the efficiency of visual aesthetics of graphical user interfaces, allowing to find defects, as well as compare interfaces with each other. The proposed algorithm includes three areas of assessment: color aesthetics, compositional balance and ergonomic aesthetics, which contain twelve indicators and ten characteristics. A wide range of used indicators allows researchers to conduct a detailed and flexible analysis of the efficiency of interfaces of specialized information systems and programs, as well as to identify both positive and negative aspects of their implementation.

**Keywords:** graphical user interface, algorithm, visual aesthetics, efficiency, specialized software products, emergency services.

### Ведение

Активное развитие информационных технологий приводит к постоянному появлению на рынке программного обеспечения множества новинок программных продуктов (далее – ПП) [1-2], предоставляющих пользователям широкий спектр своего функциональных возможностей [3-4]. В таком многообразии появляются целые линейки ПП, имеющие схожие функции и назначение, что приводит к возникновению конкуренции за пользовательскую аудиторию [5-6]. В настоящее время, во многом, успех того или иного продукта зависит от качества его исполнения, которое в значительной степени обуславливается эффективностью их графических пользовательских интерфейсов (далее – ГПИ), с помощью которых происходит всё взаимодействие пользователей с функционалом ПП [7-8].

От эффективности ГПИ зависят такие показатели работоспособности пользователей, как: скорость работы, вероятность возникновения ошибок, скорость обучения навыкам оперирования инструментарием ПП и т.д. Данные показатели работоспособности особенно значимы в работе операторов экстренных служб, где скорость реагирования на происшествия и своевременность принятия грамотных управленческих решений спасают жизни многим оказавшимся в беде людям [8-11]. Целью настоящей статьи является разработка новых научно-методических средств, позволяющих проводить оценку эффективности ГПИ специализированных информационных систем и программ, что позволит производить обоснованный выбор наиболее качественных ПП для специалистов экстренных служб, а также совершенствовать их путём выявления и исключения дефектов.

### Методы исследования

Проведённые многочисленные исследования автора настоящей статьи и других исследователей [7-8,12] показывают, что эффективность ГПИ во многих случаях далека от требуемой. Причинами низкой эффективности ГПИ продуктов являются как невозможность проведения комплексной оценки, основанной на математическом аппарате,

так и слабая методическая база, поверхностно раскрывающая механизмы взаимодействия пользователей с программным обеспечением [12-14].

В настоящей статье разработан алгоритм оценки эффективности визуальной эстетики графических пользовательских интерфейсов, позволяющий проводить анализ ГПИ по нескольким предложенным автором направлениям: цветовая эстетика, композиционное равновесие и эргономическая эстетика. Полученный спектр оценок позволяет делать выводы о дефектных местах ГПИ, нуждающихся в доработке, а также сравнивать между собой интерфейсы ПП, являющихся аналогами, с целью выбора наиболее подходящего. Система отношений направлений оценки, их показателей и характеристик представлена на рисунке 1.

Представленная на рисунке 1 система является авторской и не имеет аналогов в научных источниках литературы. Данная система демонстрирует связи между направлениями оценки, их показателями и характеристиками. Перечислим состав показателей каждого направления оценки и их смысловое содержание.

В спектр показателей направления оценки «Цветовой эстетики» входят следующие: аттрактивность, единообразие, оптимальность сходимости цветов, соразмерность и сбалансированная полярность.

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 отклонение 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

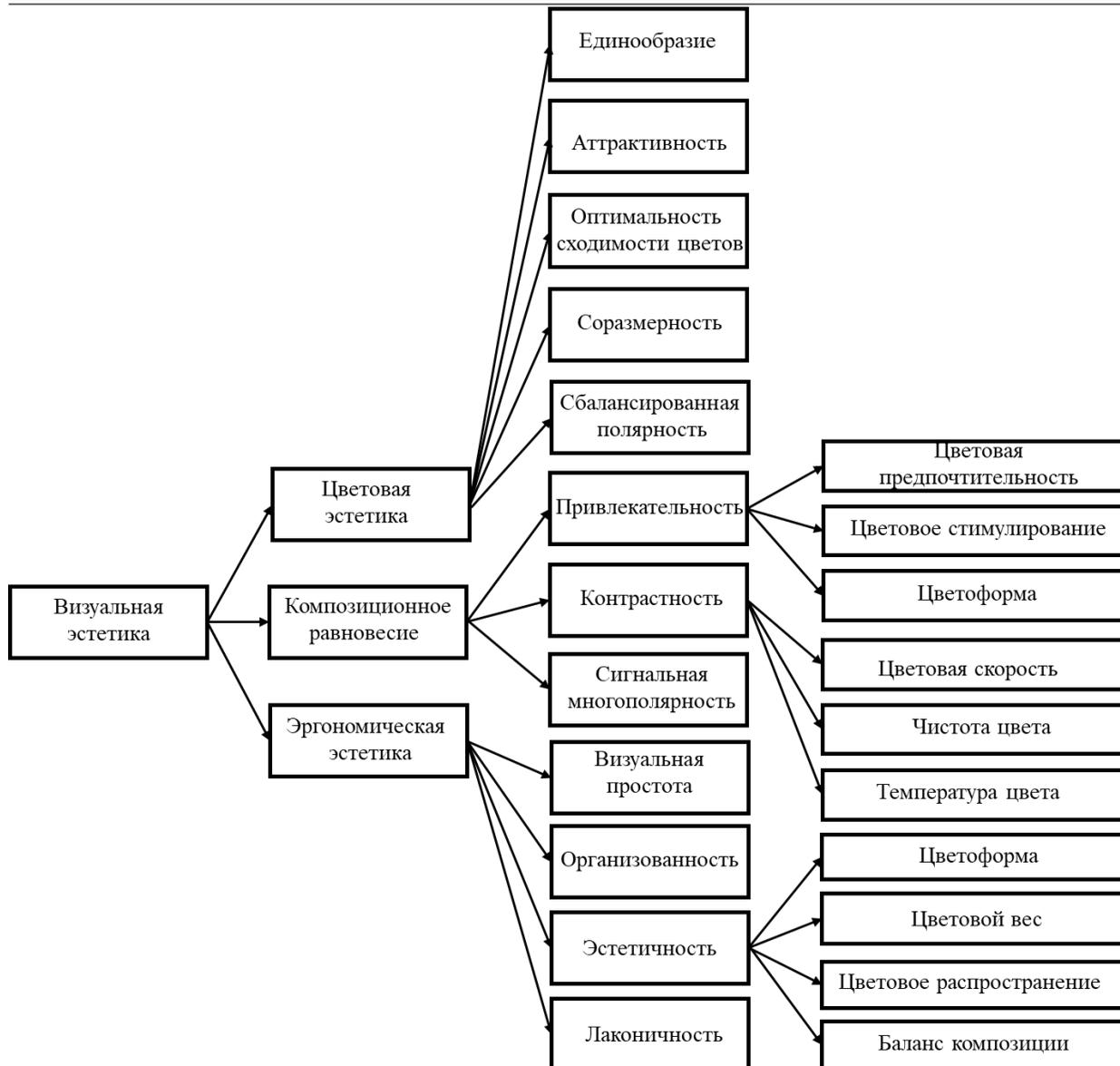


Рисунок 1 – Схема связей направлений оценки, показателей и их характеристик

гармоничность пропорций графических элементов ГПИ.

Показатель «Единообразие» оценивает единство цветовой схемы ГПИ и однородность компонентов интерфейса.

В спектр показателей направления оценки «Композиционного равновесия» входят следующие: 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 чёткость различимости переднего и заднего планов ГПИ.

Показатель «Сигнальная многополярность» оценивает сложность визуального восприятия пользователями информации ГПИ, передаваемой посредством сигналов и состояний информационно-функциональных элементов интерфейсов.

В спектр показателей направления оценки «Эргономической эстетики» входят следующие: визуальная простота, организованность, эстетичность и 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 чёткость структуры ГПИ, визуальную иерархию и упорядоченность элементов.

Показатель «Эстетичность» оценивает гармоничность цветовой схемы ГПИ.

Далее перейдём к формализованному описанию показателей и предложенного автором математического аппарата для их оценки.

С целью проведения первичного анализа ГПИ необходимо построить множество цветов его главной формы для инициализации основных цветов интерфейса. Для этого используется оператор:

$$\theta_{\check{G} \rightarrow [l_{ij}]}(\check{G}) \equiv \{ [l_{s_{ij}}] | l_{s_i} \in \check{G}(R) \vee l_{s_i} \in \check{G}(G) \vee l_{s_i} \in \check{G}(B) \}, \quad (1)$$

где  $l_{s_i}$  – цвет  $i$ -го ГЭ;  $\check{G}$  – описание главной формы ГПИ как целостной графической архитектуры (площадь многогранника) вычисляется с помощью формулы [13]:

$$\check{G} = B(p)_i + \frac{G(p)_i}{2} - 1, \quad (2)$$

где  $B(p)$  – количество целочисленных точек внутри многоугольника;  $G(p)$  – количество целочисленных точек на границе многоугольника;  $l_{s_{ij}}$  – относительная яркость изображения вычисляется с помощью формулы [15]:

$$l_{s_{ij}} = 0,2126R + 0,7152G + 0,0722B, \quad (3)$$

где  $R, G, B$  – значения красного, зелёного и синего каналов.

Для построения параметрической карты основной формы ГПИ, демонстрирующей яркость изображения, предлагается оператор:

$$\theta_{\check{G}(M_{df})} = [l_{s_{ij}}] \equiv \langle x_{ij}, y_{ij}, l_{ij} \rangle, \quad (4)$$

где  $x_{ij}, y_{ij}, l_{ij}$  – координаты пикселя основной формы ГПИ;  $M_{df}$  – математическая модель основной формы ГПИ, содержащая пространственные характеристики и имеющая вид:

$$M_{df} \equiv \langle Kom, \check{G} \rangle, \quad (5)$$

где  $Kom$  – структурное описание главной формы ГПИ.

Присвоим каждому инициализированному цвету вес в соответствии с занимаемой им площадью с помощью оператора:

$$\theta_s^{\varepsilon_l}(\check{G}) \equiv (l_{s_{ij}}, \check{G}) \equiv \varepsilon_l \in \{ \{ \varepsilon \} | \varepsilon \in \check{G} \}, \quad (6)$$

где  $\varepsilon_l$  – площадь определенного цвета;  $\{ \varepsilon \}$  – множество цветов анализируемого ГПИ.

Выбор цвета с наибольшим весом выполняется с помощью оператора:

$$\theta_{l_s}^{\varepsilon_l}(\check{G}, l_{s_i}) \equiv \{ l_{s_j} \in \theta_{\check{G} \rightarrow [l_{ij}]}(\check{G}) : \theta_{l_s}^{\varepsilon_l}(\check{G}) > \varepsilon_l \}. \quad (7)$$

Проведение сепарации цветовой палитры ГПИ на «функциональные области» для каждого элемента и компонента осуществляется с помощью оператора:

$$\theta_{l_f}^{l_s}(S_{ge}, C_{on}) \equiv \{ l_{s_i} \rightarrow l_{f_i} | \{ l_{s_i} \} \subset \{ l_{sf_i} \} \& \{ l_{sf_j} \} \subset \{ l_{s_i} \} \}, \quad (8)$$

где  $C_{on}$  – контраст изображения ГПИ;  $S_{ge}$  – площадь графического элемента основной формы ГПИ;  $l_{f_i}$  – функциональное назначение  $i$ -го ГЭ.

Определение соответствия цвета элемента или компонента ГПИ к его функциональному предназначению осуществляется с помощью оператора:

$$\theta_{\{Kom\} \rightarrow (S_{ge}, l_f)}^{l_s}(\{S_{ge}\}, M_{df}) \equiv \{ \{ l_{s_i}(S_{ge}) \} \rightarrow \{ l_{f_i}(S_{ge}) \} | \{ l_{s_i} \} \subset \{ S_{ge} \} \& \{ l_{sf_i} \} \subset \{ S_{ge} \}, \theta_{l_f}^{l_s}(S_{ge}, C_{on}) \}. \quad (9)$$

Вычисление показателя «Аттрактивность» произведём с помощью формулы:

$$J = H_{s,w_1} + H_{s,w_2} + \dots + H_{s,w_n}, \quad (10)$$

где  $H_{s,w_n}$  – гармоничность отдельного сегмента ГПИ, определяемая с помощью выражения:

$$H_{s,w_n} = \varepsilon_l * W_{st,b_n}, \quad (11)$$

где  $W_{st,b_n}$  – коэффициент гармоничности.

Гармоничность цветовой схемы ГПИ напрямую зависит от наличия «эффекта стереохроматизма» и степени его воздействия на пользователей. Для проверки на наличие данного эффекта в ГПИ необходимо аккумулировать все оттенки в основные цвета с помощью формулы [15]:

$$P = \frac{B\mu}{B\mu + B\theta} * 100\%, \quad (12)$$

где  $P$  – чистота цвета;  $B\mu$  – яркость чистого спектрального цвета;  $B\theta$  – яркость белого цвета в смеси.

Комфорт восприятия цветовой схемы ГПИ

зависит от количества использованных цветов. Учёные выяснили, что чем меньше основных цветов используется в ГПИ, тем приятнее его восприятие (оптимальным значением является использование до 3-х основных цветов) [4-5]. Таким образом, представляется необходимым сравнить общее количество цветов ГПИ с оптимальным значением, что возможно с помощью предлагаемого выражения:

$$\theta_q^{kc} = \begin{cases} \text{if } q_c \leq 3 | k_c = 1; \\ \text{if } 4 < q_c \leq 5 | k_c = 0.75; \\ \text{if } 5 < q_c | k_c = 0.5, \end{cases} \quad (13)$$

где  $q_c$  – общее количество цветов в ГПИ;  $k_c$  – коэффициент оптимальности цветовой нагрузки.

С целью выявления наличия «эффекта стереохроматизма» в цветовой схеме ГПИ необходимо провести его сегментацию на зоны ясного видения с помощью оператора:

$$\theta_{S_{Ge}}^{Mdf}(F_{main}, S) \equiv \{S_{Ge} \in F_{main} | w_{S_{Ge}} = 280px, \wedge h_{S_{Ge}} = 240px\}, \quad (14)$$

где  $F_{main}$  – главная форма ГПИ, являющаяся основным контейнером;  $w_{S_{Ge}}$  – ширина ГЭ;  $h_{S_{Ge}}$  – высота ГЭ.

Вычисление значения «эффекта стереохроматизма» с помощью оператора:

$$\theta_C^{S_{Ge}}(S_{Ge}, C_{on}) \equiv \{(S_o \wedge S_{ge} \in C_{on}\{C_{onS_o}\}) \wedge (S_o < S_{ge}) \wedge (3\% < S_o \leq 90\% \in S_{ge})\}. \quad (15)$$

где  $S_o$  – площадь фона;  $C_{on}$  – контраст изображения ГПИ;  $C_{onS_o}$  – контраст изображения графического элемента ГПИ.

Вычисление показателя «Оптимальность сходимости цветов» осуществляется помощью формулы:

$$C = c_1 * c_2 * \dots * c_n, \quad (16)$$

где  $c_n$  – коэффициент «эффекта стереохроматизма», который выбирается согласно выражениям (зависят от площади фона ГПИ и площади ГЭ в нём):

$$\text{if}(S_o \wedge S_{ge} \in C_{on}\{C_{onS_o}\}) \wedge (S_o < S_{ge}) \wedge (3\% < S_o \leq 90\% \in S_{ge}) \Rightarrow 0.45 \leq c_n \leq 0.95, \quad (17)$$

$$\text{if}(S_o \wedge S_{ge} \in C_{on}\{C_{onS_o}\}) \wedge (S_o < S_{ge}) \wedge (90\% < S_o \leq 99\% \in S_{ge}) \Rightarrow c_n = 1, \quad (18)$$

$$\text{if}(S_o \wedge S_f \in C_{on}\{C_{onS_o}\}) \wedge (S_o < S_{ge}) \wedge (1\% < S_o \leq 3\% \in S_{ge}) \Rightarrow c_n = 1, \quad (19)$$

где  $n$  – определённая область ГПИ, анализируемая на присутствие «эффекта стереохроматизма». В первом выражении коэффициент единства цветовой схемы ГПИ находится в диапазоне  $0.45 \leq c_n \leq 0.95$ , его выбор производится согласно таблице 1.

Показатель «Сбалансированная полярность» вычисляется с помощью формулы:

$$M_{all} = C * J, \quad (20)$$

где  $C$  – значение показателя «Оптимальности сходимости цветов»;  $J$  – значение показателя «Аттрактивность».

Показатель «Соразмерность» вычисляется с

Таблица 1 – Сочетания цветов, приводящие к появлению «эффекта стереохроматизма»

Цвет объекта	Цвет фона	Значения коэффициента «эффекта стереохроматизма» при $3\% < S_o < 95\% \in S_{ge}$	Значения коэффициента «эффекта стереохроматизма» при $0\% < S_o < 3\% \in S_{ge} \vee 90\% < S_o < 99\% \in S_{ge}$
Синий	Белый	0,95	1
Чёрный	Жёлтый	0,9	1
Зелёный	Белый	0,85	1
Чёрный	Белый	0,8	1
Зелёный	Красный	0,75	1
Красный	Жёлтый	0,7	1
Красный	Белый	0,65	1
Оранжевый	Чёрный	0,6	1
Чёрный	Пурпурный	0,55	1
Оранжевый	Белый	0,5	1
Красный	Зелёный	0,45	1

помощью выражения:

$$K = \frac{H_p + H_c}{H_p} \propto \frac{W_p + W_c}{W_p}, \quad (21)$$

при условии, что:

$$\begin{cases} \text{if } \frac{H_p}{H_c} = 1,6 \text{ and } \frac{W_p}{W_c} = 1,6 \Rightarrow K = 1; \\ \text{if } \frac{H_p}{H_c} = 1,6 \text{ and } \frac{W_p}{W_c} \neq 1,6 \Rightarrow K = 0,7; \\ \text{if } \frac{H_p}{H_c} \neq 1,6 \text{ and } \frac{W_p}{W_c} = 1,6 \Rightarrow K = 0,7; \\ \text{if } \frac{H_p}{H_c} \neq 1,6 \text{ and } \frac{W_p}{W_c} \neq 1,6 \Rightarrow K = 0,5. \end{cases} \quad (22)$$

где  $H_p$  – высота родительского элемента ГПИ;  $H_c$  – высота дочернего элемента ГПИ;  $W_p$  – ширина родительского элемента ГПИ;  $W_c$  – ширина дочернего элемента ГПИ;  $K$  – коэффициент гармоничности пропорций ГПИ.

В результате вычислений коэффициенту гармоничности пропорций элементов ГПИ  $K$  присваивается одно из трёх значений:

- $K = 1$ , если парное отношение сторон родительского и дочернего элемента соответствует требуемой;
- $K = 0,7$ , если отношение высоты или ширины сторон родительского и дочернего элемента соответствует требуемой;
- $K = 0,5$ , если отношение ширины и высоты не соответствует требуемой величине.

Показатель «Единообразие» вычисляется с помощью формулы:

$$E = C_s * F_u * C_i * F_i, \quad (23)$$

где  $C_s$  – коэффициент единства цветовой схемы ГПИ, который вычисляется с помощью оператора:

$$\begin{aligned} \theta_{C_s}^{Mdf}(F_{main}, M_{all}) &\equiv \\ &\equiv \{C_s \in F_{main_1} \wedge C_s \in F_{main_2} \mid C_s \in F_{main_n}\}. \end{aligned} \quad (24)$$

Процесс вычисления коэффициента заключается в сравнении цветовых схем различных программных окон ГПИ. При их полной идентичности по цветовому решению коэффициент принимается равным 1, при расхождении – 0,5.

$F_u$  – коэффициент единства семейств шрифтов вычисляется с помощью оператора:

$$\begin{aligned} \theta_{F_u}^{Mdf}(F_{main}, F) &\equiv \{F_{u_1} \in F_{main_1} \wedge F_{u_2} \in \\ &\in F_{main_2} \mid F_{u_n} \in F_{main_n} \wedge (F_{u_1} \sim F_{u_2})\}. \end{aligned} \quad (25)$$

Процесс вычисления коэффициента единства семейств шрифтов, используемых в ГПИ, заклю-

чается в сравнении типов, размеров и стилей используемых шрифтов. При применении в ГПИ однотипного написания коэффициент принимается равным 1, при расхождениях – 0,5.

$C_i$  – коэффициент однородности компонентов ГПИ вычисляется с помощью оператора:

$$\begin{aligned} \theta_{C_i}^{Mdf}(F_{main}, C) &\equiv \{C_1 \in F_{main_1} \wedge C_2 \in \\ &\in F_{main_2} \mid C_n \in F_{main_n} \wedge (C_1 \sim C_2)\}. \end{aligned} \quad (26)$$

Процесс вычисления коэффициента однородности компонентов ГПИ заключается в анализе на однородность по своей форме представления компонентов, входящих в определённые группы. При выполнении условия коэффициент принимается равным 1, при расхождениях – 0,5.

$F_i$  – коэффициент единообразной реализации идентичных функций (в мобильной и десктопной версиях) ГПИ вычисляется с помощью оператора:

$$\begin{aligned} \theta_{F_i}^{Mdf}(F_{main}, Set) &\equiv \{F_{i_1} \in F_{main_1} \wedge F_{i_2} \in \\ &\in F_{main_2} \mid F_{i_n} \in F_{main_n} \wedge (F_{i_1} \sim F_{i_2})\}. \end{aligned} \quad (27)$$

Процесс вычисления коэффициента реализации идентичных функций заключается в анализе аналогичных в мобильной и компьютерной версиях ГПИ функций на идентичность их реализации (например, инструмент «сочность» в десктопной версии программы Adobe Photoshop имеет в своём составе инструмент насыщенность, тоже самое должно быть и в мобильной версии). Если условие выполняется, то коэффициент принимается равным 1, при расхождениях – 0,5.

Для вычисления показателя «Привлекательность» используется формула:

$$B_f = k_{mc}(k_{fc}) * k_f * \sum_{i=1}^{N_c} k_{st_i} * \varepsilon_i, \quad (28)$$

где  $N_c$  – количество цветов ГПИ;  $k_f$  – коэффициент соответствия цвета форме;  $k_{mc}(k_{fc})$  – коэффициенты характеризующие гендерные цветовые предпочтения пользователей (выбирается исходя из преобладающей численности основных пользователей мужчин  $k_{mc}$  или женщин  $k_{fc}$ );  $k_{st}$  – коэффициентов цветового стимулирования. При соответствии цвета форме, коэффициент равен 1, при несоответствии коэффициент равен 0,5.

Для вычисления показателя «Контрастность» предложена формула:

$$K_{gpi} = \left( \frac{\sum_{i=1}^{N_c} C_{wi} * \epsilon_{li} * k_{ti}}{\sum_{i=1}^{N_c} C_{ci} * \epsilon_{li} * k_{ti}} * \sum_{i=1}^{N_c} k_{vi} * \epsilon_{li} \right) * N_c * k_{cc} \quad (29)$$

где  $C_w$  – площадь тёплых цветов;  $C_c$  – площадь холодных цветов;  $k_t$  – температурный коэффициент;  $k_{cc}$  – коэффициент чистоты цвета;  $k_v$  – коэффициент скорости восприятия цвета.

Для вычисления показателя «Сигнальная многополярность» использовалась формула Шеннона К.Е. [16]:

$$H_s = - \sum_{i=1}^{N_{cd}} P_i \log_2 P_i, \quad (30)$$

где  $N_{cd}$  – количество возможных состояний информационно-функциональных элементов ГПИ;

$P_i$  – вероятность возникновения  $i$ -го сигнала.

Для вычисления показателя «Визуальная простота» использовалась формула Емельяновой Д.А. [17]:

$$F_{sp} = \frac{1}{-N_{ft} * \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i}, \quad (31)$$

где  $N_{ft}$  – количество свойств информационно-функциональных элементов (ИФЭ) ГПИ (ширина, высота, удалённость от верхней и боковой границы окна ГПИ);  $n$  – количество классов (количество уникальных размеров или расстояний);  $p_i$  – пропорция  $i$ -го класса.

Для вычисления показателя «Организованность» использовалась формула Диковицкого В.В. [18]:

$$F_{obv} = \sum_{l=1}^L p(l), \quad (32)$$

где  $L$  – количество уровней ИФЭ навигации ГПИ;  $p(l)$  – функция, задающая числовую оценку степени уверенности пользователя в какой из групп информационных элементов на уровне  $l$  навигационной структуры находится искомый элемент;  $p(l): \Gamma^l \rightarrow (0, 1]$ , где  $\Gamma^l = \{G_i^l\}$  – 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  $a$ ;  $P^l = \{p_i^l\}$  – множество свойств ИФЭ навигации ГПИ, используемых для формирования групп навигационной структуры.

Для вычисления показателя «Эстетичность» предложена формула:

$$E_{gpi} = \frac{\sum_{i=1}^{N_c} \epsilon_{li} * k_{cfi}}{N_c} * k_{kom} * k_{sim} * k_{fc} * k_y, \quad (33)$$

где  $k_y$  – коэффициент цветовой умеренности;  $k_{fc}$  – коэффициент соответствия форма – цвет;  $k_{kom}$  – коэффициент баланса композиции;  $k_{cf}$  – коэффициент цветового заполнения;  $k_{sim}$  – коэффициент присутствия симультанного контраста.

Показатель «Лаконичность» вычисляется с помощью формулы Стикела–Эбнера–Холзингера [19]:

$$X = AOS, \quad (34)$$

где  $A$  – количество информационно-функциональных элементов ГПИ;  $O$  – количество групп, в которые можно организовать отдельные информационно-функциональные элементы ГПИ;  $S$  – суммарная энтропия RGB (разница в байтах веса исходного изображения и сжатого).

#### Результаты исследования и их обсуждение

Таким образом, имея формализованное представление каждого из показателей, составляющих визуальную эстетику ГПИ, становится возможным описать алгоритм оценки эффективности визуальной эстетики интерфейсов:

Шаг 1 – Вычисление относительной яркости изображения  $l_{sij}$  с помощью формулы (3);

Шаг 2 – Инициализация основных цветов ГПИ  $\theta_{\check{G} \rightarrow [lij]}(\check{G})$  с помощью оператора (1);

Шаг 3 – Построение параметрической карты основной формы ГПИ, демонстрирующей яркость изображения  $\theta_{\check{G}(Mdf)}$  с помощью оператора (4);

Шаг 4 – Присвоение каждому инициализированному цвету веса, в соответствии с занимаемой им площадью  $\theta_{l_s}^{\epsilon_i}(\check{G})$  с помощью оператора (6);

Шаг 5 – Выбор цветов с наибольшим весом  $\theta_{l_s}^{\epsilon_i}(\check{G}, l_{s_i})$  с помощью оператора (7);

Шаг 6 – Градация цветовой палитры ГПИ на «функциональные области»  $\theta_{l_s}^{l_s}(S_{Ge}, C)$  с помощью оператора (8);

Шаг 7 – Определение соответствия цвета элемента ГПИ к его функциональному предназначению  $\theta_{\{Kom\} \rightarrow (S_{Ge}, l_f)}^{l_s}$  с помощью оператора (9);

Шаг 8 – Вычисление гармоничности отдельных сегментов ГПИ  $H_{s,wn}$  с помощью формулы (11);

Шаг 9 – Вычисление показателя «Аттрактивность»  $J$  с помощью формулы (10);

Шаг 10 – Аккумуляция всех оттенков анализируемого ГПИ в основные цвета с помощью формулы (12);

Шаг 11 – Сравнение общего количества цветов ГПИ с оптимальным значением  $\theta_q^{k_c}$  с помощью уравнения (13);

Шаг 12 – Проведение сегментации основной формы ГПИ на зоны ясного видения  $\theta_{S_{Ge}}^{M_{df}}$  с помощью оператора (14);

Шаг 13 – Вычисление коэффициента «эффекта стереохроматизма» с помощью оператора  $\theta_C^{S_{Ge}}$  (15);

Шаг 14 – Если площадь ГЭ составляет меньше 3% от площади фона или площадь ГЭ составляет от 90 до 99% площади фона, то переход к шагу 15, если нет, то переход к шагу 16;

Шаг 15 – Выбор коэффициента единства цветовой схемы ГПИ  $c_n$  с помощью выражений (18-19);

Шаг 16 – Выбор коэффициента единства цветовой схемы ГПИ  $c_n$  с помощью выражений (17);

Шаг 17 – Вычисление показателя «Оптимальность сходимости цветов»  $C$  с помощью формулы (16);

Шаг 18 – Вычисление показателя «Сбалансированная полярность»  $M_{all}$  с помощью формулы (20);

Шаг 19 – Вычисление показателя «Соразмерность» с помощью формулы (21) и условия (22);

Шаг 20 – Вычисление коэффициента единства цветовой схемы ГПИ  $\theta_{C_s}^{M_{df}}$  с помощью оператора (24);

Шаг 21 – Вычисление коэффициента единства семейств шрифтов  $\theta_{Fu}^{M_{df}}(F_{main}, F)$  с помощью оператора (25);

Шаг 22 – Вычисление коэффициента однородности компонентов ГПИ  $\theta_{Ci}^{M_{df}}(F_{main}, C)$  с помощью оператора (26);

Шаг 23 – Вычисление коэффициента единообразного выполнения сходных функций в ГПИ  $\theta_{Fi}^{M_{df}}(F_{main}, Set)$  с помощью оператора (27);

Шаг 24 – Вычисление показателя «Единообразие»  $E$  с помощью формулы (23);

Шаг 25 – Выбор коэффициентов гендерных и

социально-категориальных цветовых предпочтений пользователей  $k_{mc}$  и  $k_{fc}$ ;

Шаг 26 – Выбор коэффициентов цветового стимулирования  $k_{st}$ ;

Шаг 27 – Выбор коэффициентов  $k_f$ ;

Шаг 28 – Вычисление показателя «Привлекательность»  $B_f$  с помощью формулы (28);

Шаг 29 – Выбор коэффициента скорости восприятия цвета  $k_v$ ;

Шаг 30 – Выбор коэффициента чистоты цвета  $k_{cc}$ ;

Шаг 31 – Выбор температурного коэффициента  $k_t$ ;

Шаг 32 – Вычисление площади тёплых цветов  $C_w$ ;

Шаг 33 – Вычисление площади холодных цветов  $C_c$ ;

Шаг 34 – Вычисление показателя «Контрастность»  $K_{gpi}$  с помощью формулы (29).

Шаг 35 – Вычисление вероятности возникновения  $i$ -го сигнала  $P_i$ ;

Шаг 36 – Вычисление количества возможных состояний информационно-функциональных элементов ГПИ  $N_{cd}$ ;

Шаг 37 – Вычисление показателя «Сигнальная многополярность»  $H_s$  с помощью формулы (30);

Шаг 38 – Вычисление количества классов ИФЭ  $i$ ;

Шаг 39 – Ранжирование полученных классов и выставление приоритетов  $p_i$ ;

Шаг 40 – Вычисление количества свойств ИФЭ ГПИ  $i$ -го класса  $n_i$ ;

Шаг 41 – Вычисление показателя «Визуальная простота»  $F_{sp}$  с помощью формулы (31);

Шаг 42 – Вычисление количества подуровней информационно-функциональных элементов навигации ГПИ  $L$ ;

Шаг 43 – Вычисление количества групп ИФЭ  $\{G'_i\}$  навигации ГПИ  $i$ -го уровня;

Шаг 44 – Вычисление свойств ИФЭ навигации ГПИ каждой группы по отдельности  $\{p'_i\}$ ;

Шаг 45 – Вычисление показателя «Организованность» ГПИ  $F_{obv}$  с помощью формулы (32);

Шаг 46 – Вычисление количества групп, в

которые можно организовать отдельные информационно-функциональные элементы ГПИ  $O$ ;

Шаг 47 – Выбор коэффициента симультанного контраста  $k_{sim}$ ;

Шаг 48 – Выбор показателя симметричности ГПИ  $W_C$ ;

Шаг 49 – Выбор коэффициента композиционного равновесия  $k_{ком}$ ;

Шаг 50 – Выбор коэффициента соответствия форма – цвет  $k_{fc}$ ;

Шаг 51 – Выбор коэффициента цветовой умеренности ГПИ  $K_y$ ;

Шаг 52 – Вычисление показателя «Эстетичность»  $E_{gpi}$  с помощью формулы (33);

Шаг 53 – Вычисление суммарной энтропии RGB –  $S$ ;

Шаг 54 – Вычисление показателя «Лаконичность» ГПИ  $X$  с помощью формулы (34);

Шаг 55 – Конец алгоритма. Вывод результатов.

Таким образом, с помощью разработанного алгоритма вычисляются следующие показатели: единообразие; аттрактивность; оптимальность сходимости цветов; сбалансированная полярность; привлекательность; контрастность; сигнальная многополярность; визуальная простота; организованность; эстетичность; лаконичность, которые необходимы для оценки эффективности визуальной эстетики ГПИ. Результаты вычислений алгоритма могут быть использованы при сравнении ГПИ аналогичных ПП с целью выбора наиболее эффективных.

С целью демонстрации работы алгоритма проведена оценка эффективности и сравнение двух эквивалентных по функциональному наполнению и предназначению ПП разных компаний: Corel PHOTO-PAINT и Adobe Photoshop

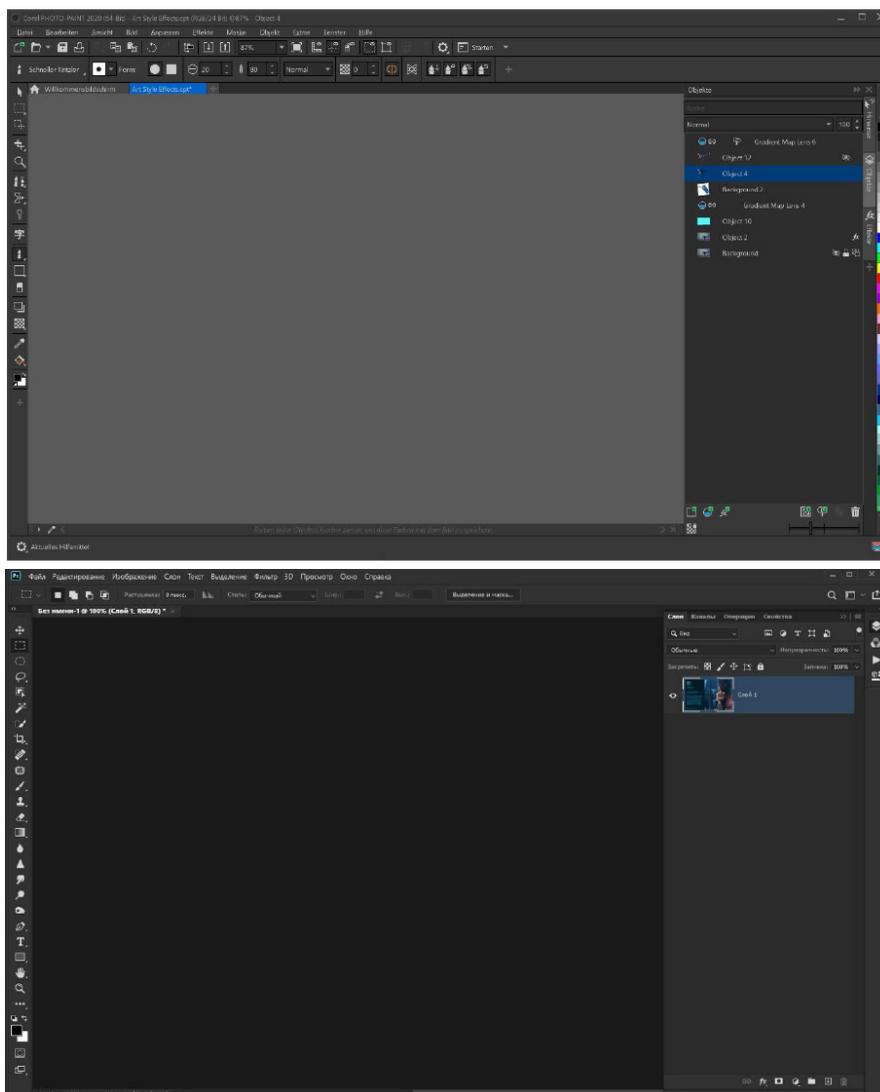


Рисунок 2 – ГПИ, анализируемых ПП: а) Corel PHOTO-PAINT; б) Adobe Photoshop

(рисунок 2). Данные ПП используются специалистами экстренных служб, например, для составления карт местности при проведении поисковых работ или тематических карт, демонстрирующих динамику изменения русл рек при паводковых происшествиях.

Данные ПП являются аналогами и имеют схожие ГПИ. С помощью разработанного алгоритма вручную проведены вычисления, результаты которых позволяют сравнить ГПИ программ, таблица 2.

По результатам работы алгоритма можно сделать следующие выводы:

- относительно показателя «Аттрактивность» ГПИ программ показали практически идентичные положительные результаты вычислений. В ГПИ используются схожие цветовые схемы, гармонично влияющие на восприятие пользователей;
- относительно показателя «Единообразие» ГПИ Adobe Photoshop продемонстрировал более хороший результат по сравнению с Corel PHOTO-PAINT по причине единства используемых шрифтов;
- относительно показателя «Оптимальность сходимости цветов» оба ГПИ показали идентичные результаты вычислений с минимальным присутствием «эффекта стереохроматизма»;
- относительно показателя «Соразмерность» ГПИ Adobe Photoshop продемонстрировал более лучший результат по сравнению с Corel PHOTO-PAINT, что связано с практически идентичными

величинами пропорций между родительскими и дочерними элементами в отличии от Corel PHOTO-PAINT;

- относительно показателя «Сбалансированная полярность» ГПИ Adobe Photoshop продемонстрировал более лучший результат по сравнению с Corel PHOTO-PAINT, что связано с более лучшими результатами по показателю «Аттрактивность»;
- относительно показателя «Привлекательность» ГПИ Adobe Photoshop продемонстрировал более лучший результат по сравнению с Corel PHOTO-PAINT, что связано с использованием в первом ГПИ меньшего количества цветов;
- относительно показателя «Контрастность» ГПИ Adobe Photoshop продемонстрировал более лучший результат по сравнению с Corel PHOTO-PAINT, что связано с использованием в ГПИ акцентного цвета, обладающего большей скоростью восприятия пользователями;
- относительно показателя «Сигнальная многополярность» ГПИ программ, продемонстрировали практически идентичные результаты;
- относительно показателя «Организованность» ГПИ Adobe Photoshop продемонстрировал более лучший результат по сравнению с Corel PHOTO-PAINT, что связано с меньшим количеством подуровней, что облегчает и ускоряет поиск пользователями необходимых ИФЭ;
- относительно показателя «Визуальная простота» ГПИ программ продемонстрировали практически идентичные результаты;

Таблица 2 – Результаты вычислений по показателям оценки эффективности визуальной эстетики ГПИ

Составляющие визуальной эстетики ГПИ		ГПИ программ:	
Направление	Показатели	Corel PHOTO-PAINT	Adobe Photoshop
Цветовая эстетика	Аттрактивность	0,305	0,313
	Единообразие	0,125	0,250
	Оптимальность сходимости цветов	0,873	0,873
	Соразмерность	0,500	0,700
	Сбалансированная полярность	0,266	0,273
Композиционное равновесие	Привлекательность	0,345	0,426
	Контрастность	0,215	0,226
	Сигнальная многополярность	0,230	0,231
Эргономическая эстетика	Визуальная простота	0,873	0,872
	Организованность	0,643	0,673
	Эстетичность	0,437	0,528
	Лаконичность	0,234	0,354
<b>Общая оценка</b>		<b>0,672</b>	<b>0,701</b>

– относительно показателя «Эстетичность» ГПИ Adobe Photoshop продемонстрировал более лучший результат по сравнению с Corel PHOTO-PAINT, что связано с использованием меньшего количества цветов в ГПИ;

– относительно показателя «Лаконичность» ГПИ Adobe Photoshop продемонстрировал более лучший результат по сравнению с Corel PHOTO-PAINT, что связано с использованием в ГПИ меньшего количества групп ИФЭ.

Таким образом, в результате проведённых вычислений наиболее эффективной визуальной эстетикой обладает ГПИ Adobe Photoshop, тем самым данный ПП рекомендуется к использованию специалистами экстренных служб в ситуации выбора между этими двумя ПП.

В процессе анализа были выявлены дефекты в ГПИ Corel PHOTO-PAINT, заключающиеся в использовании разных шрифтов в программе, что ухудшает восприятие информации. Также в обоих ГПИ отмечено не соблюдение пропорций между родительским и дочерними элементами, что также снижает визуальную привлекательность интерфейсов.

#### Заключение

Таким образом, разработанный в настоящей статье алгоритм позволяет оценить эффективность визуальной эстетики ГПИ, результаты вычислений предоставляют возможность сравнивать ГПИ аналогичных специализированных ПП между собой, а также находить дефекты, устранение которых повысит эффективность как ГПИ, так и программы в целом. Также это будет способствовать повышению работоспособности специалистов экстренных служб [20].

На примере ГПИ растровых графических редакторов Corel PHOTO-PAINT и Adobe Photoshop проведены вычисления, которые позволили выбрать наилучший продукт по направлению эффективности визуальной эстетики ГПИ, а также найти дефекты в обоих интерфейсах. Выводы, сделанные автором об эффективности ГПИ обоснованы вычислениями, проведёнными с использованием представленного математического аппарата, что исключает их субъективность,

как при классических методах оценки, например, опросе пользователей или их тестировании.

В дальнейших исследованиях планируется реализация ПП на базе разработанного алгоритма, который позволит автоматизировать процесс оценки, тем самым экономя как временные, так и человеческие ресурсы.

#### Список литературы

1. Булат Р.Е., Вострых А.В. К вопросу роста качества восприятия операторами информации в чрезвычайных ситуациях на основе совершенствования графических пользовательских интерфейсов // В сборнике: Психолого-педагогические аспекты подготовки кадров к профессиональной деятельности в экстремальных условиях. Сборник пленарных докладов Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург. – 2021. – С. 45-56. – EDN DZTTSDD.
2. Терёхин С.Н., Вострых А.В. Совершенствование информационных систем, используемых органами надзорной деятельности МЧС России // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2020. – № 4. – С. 163-170. – EDN ONQPKW.
3. Norman D.A. Living with complexity. – The MIT Press, 2010. – 308 p.
4. Уэйншенк С. Интуитивный веб-дизайн. – СПб.: Эскмо, 2011. – 160 с.
5. Нильсен Я. Mobile Usability. Как создавать идеально удобные приложения для мобильных устройств. – М.: Эскмо, 2013. – 256 с.
6. Круг С. Веб-дизайн, Не заставляйте меня думать! – М.: Символ-Плюс, 2008. – 216 с.
7. Вострых А.В. Модели описания элементов информационных систем МЧС России, ориентированных на человеко-машинное взаимодействие // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2021 – № 2. – С. 170-176. – EDN ALHTWM.
8. Богданова Е.М., Максимов А.В., Матвеев А.В. Информационная система прогнозирования чрезвычайных ситуаций при использовании

адаптивных моделей // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2019. – № 2. – С. 65-70. – EDN PHLEMI.

9. Раскин Д. Интерфейс Новые направления в проектировании компьютерных систем. – М.: Символ, 2007. – 257 с.

10. Круг С. Как сделать сайт удобным. Юзабилити по методу Стива Круга // СПб.: Питер, 2010. – 170 с.

11. Уэйншенк С. 100 главных принципов дизайна. Как удержать внимание. – СПб.: Питер, 2011. – 272 с.

12. Вострых А.В. Модель описания элементов информационных систем, ориентированных на человеко-машинное взаимодействие // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2021. – № 11. – С. 23-30. – DOI 10.25791/pribor.11.2021.1303. – EDN JPEGTK.

13. Norman D.A. Emotional Design: Why we love (or hate) everyday things // Basic Books, 2005. – 272 p.

14. Уэйншенк С. 100 новых главных принципов дизайна. Как удержать внимание. – СПб.: Питер, 2016. – 290 с.

15. Wyszecki G. Color Science. Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae. Second Edition, Wiley-Interscience Publication, – 2000. – 976 p.

16. Shannon C.E. A mathematical theory of communication // Bell System Technical Journal, 1948. – PP. 379-423.

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. – DOI 10.25209/2079-3316-2017-9-3-49-63. – EDN YAJGJE.

18. Диковицкий В.В. Формализация задачи построения когнитивных пользовательских интерфейсов мульти предметных ИР // Информационные технологии. – 2013. – № 5. – С. 90-97.

19. 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. – PP. 278-290. – DOI: 10.1007/978-3-642-16607-5\_18

20. 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 10.37468/2307-1400-2023-2022-4-57-64. – EDN GCHUOC.

## References

1. Bulat R.E., Vostrykh A.V. On the issue of improving the quality of perception of information by operators in emergency situations based on the improvement of graphical user interfaces // In the collection: Psychological and pedagogical aspects of training personnel for professional activities in extreme conditions. Collection of plenary reports of the International scientific and practical conference. St. Petersburg. – 2021. – PP. 45-56.

2. Terekhin S.N., Vostrykh A.V. Improving the information systems used by the supervisory bodies of the Ministry of Emergencies of Russia // Scientific and analytical journal «Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia». – 2020. – № 4. – PP. 163-170.

3. Norman, D.A. Living with complexity // D.A. Norman. – The MIT Press, 2010. – 308 p.

4. Weinschenk S. Intuitive web design // S. Weinschenk. – St. Petersburg: Eskmo, 2011. – 160 p.

5. Nielsen J. Mobile Usability. How to create perfectly user-friendly applications for mobile devices // М.: Eskmo, 2013. – 256 p.

6. Krug S. Web design, Don't make me think! // М.: Symbol-Plus, 2008. – 216 p.

7. Vostrykh A.V. Models for describing elements of information systems of the Ministry of Emergency Situations of Russia, focused on human-machine interaction // Scientific and analytical journal “Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia”. – 2021 – № 2. – PP. 170-176.

8. Bogdanova E.M., Maksimov A.V., Matveev A.V. Information system for forecasting emergency situations

using adaptive models // Scientific and analytical journal "Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia". – 2019. – № 2. – PP. 65-70.

9. Raskin D. Interface New directions in the design of computer systems // М.: Simvol, 2007. – 257 p.

10. Krug S. How to make a site convenient. Usability according to the method of Steve Krug // St. Petersburg: Piter, 2010. – 170 p.

11. Weinschenk S. 100 main principles of design. How to keep attention // St. Petersburg: Piter, 2011. – 272 p.

12. Vostrykh A.V. Model for describing elements of information systems focused on human-machine interaction // Devices and systems. Management, control, diagnostics. – 2021. – № 11. – PP. 23-30. – DOI 10.25791/pribor.11.2021.1303.

13. Norman D.A. Emotional Design: Why we love (or hate) everyday things // Basic Books, 2005. – 272 p.

14. Weinschenk S. 100 New Main Principles of Design. How to Hold Attention // SPb.: Piter, 2016. – 290 p.

15. Wyszecki G. Color Science. Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae. Second Edition, Wiley-Interscience Publication, – 2000. – 976 p.

16. Shannon C.E. A mathematical theory of communication // Bell System Technical Journal, 1948. – PP. 379-423.

17. Emelyanova Yu.G., Fralenko V.P., Khachumov V.M. Methods of complex assessment of cognitive graphic images // Software systems: Theory and applications. – 2018. – № 3. – PP. 49-63. – DOI 10.25209/2079-3316-2017-9-3-49-63.

18. Dikovitsky V.V. Formalization of the problem of constructing cognitive user interfaces for multi-subject IR // Information technologies. – 2013. – № 5. – PP. 90-97.

19. 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. – PP. 278-290. – DOI: 10.1007/978-3-642-16607-5\_18

20. Vostrykh A.V. Method and algorithms for multi-criteria assessment of graphical user interfaces of software products of the Russian Emergencies Ministry // National Security and Strategic Planning. – 2022. – No. 4 (40). – P. 57-64. – DOI 10.37468/2307-1400-2023-2022-4-57-64.

*Статья поступила в редакцию 12 июня 2024 г.*

*Принята к публикации 7 сентября 2024 г.*

**Ссылка для цитирования:** Вострых А.В. Алгоритм оценки эффективности визуальной эстетики интерфейсов специализированных программных продуктов, используемых экстренными службами // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2024. № 3(47). С. 77-89. DOI: <https://doi.org/10.37468/2307-1400-2024-3-77-89>

**For citation:** Vostrykh A.V. Algorithm for assessing the efficiency of visual aesthetics of interfaces of specialized software products used by emergency services // National security and strategic planning. 2024. № 3(47). pp. 77-89. DOI: <https://doi.org/10.37468/2307-1400-2024-3-77-89>

#### **Сведения об авторах:**

**Вострых Алексей Владимирович** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры прикладной математики и информационных технологий, Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, г. Санкт-Петербург, Россия

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

SPIN-код: 4788-4683

e-mail: [a.vostrykh@list.ru](mailto:a.vostrykh@list.ru)

#### **Information about authors:**

**Vostrykh Aleksey V.** – Candidate of Technical Sciences, Senior lecturer of the department of applied mathematics and information technologies, St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia named after Hero of the Russian Federation, Army General E.N. Zinichev, St. Petersburg, Russia

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

SPIN: 4788-4683

e-mail: [a.vostrykh@list.ru](mailto:a.vostrykh@list.ru)