

УДК 004.055

DOI: 10.37468/2307-1400-2022-4-57-64

МЕТОД И АЛГОРИТМЫ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ГРАФИЧЕСКИХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ МЧС РОССИИ

Вострых Алексей Владимирович¹

¹ Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

В статье представлен новый авторский метод многокритериальной оценки эффективности информационных систем и программных продуктов, который состоит из трёх алгоритмов, всесторонне анализирующих графический пользовательский интерфейс по таким направлениям, как оптимальность пространственно-временного расположения графических элементов, эстетичность визуальной составляющей и адекватность логики взаимодействия с программами.

За счет использования математического аппарата и констант из различных сфер исследований итоговая оценка независима от субъективных мнений экспертов, что повышает точность и адекватность результатов вычислений.

Разработанные научно-методические средства могут успешно применяться в системе МЧС России с целью выбора наиболее эффективного программного обеспечения из спектра альтернатив схожего назначения и функционала.

Ключевые слова: графический пользовательский интерфейс, информационная система, показатели эффективности, алгоритм, метод.

METHOD AND ALGORITHMS OF MULTI-CRITERIA EVALUATION OF GRAPHICAL USER INTERFACES OF SOFTWARE PRODUCTS OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA

Vostrykh Alexey V.¹

¹ Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

The article presents a new author's method of multi-criteria evaluation of the effectiveness of information systems and software products, which consists of three algorithms that comprehensively analyze the graphical user interface in such areas as the optimality of the spatial and temporal location of graphic elements, the aesthetics of the visual component and the adequacy of the logic of interaction with programs.

Due to the use of mathematical apparatus and constants from various fields of research, the final assessment is independent of the subjective opinions of experts, which increases the accuracy and adequacy of the calculation results.

The developed scientific and methodological tools can be successfully applied in the EMERCOM system of Russia in order to select the most effective software from a range of alternatives of similar purpose and functionality.

Keywords: graphical user interface, information system, performance indicators, algorithm, method.

Введение

В современном мире на рынке программного обеспечения имеется широкий спектр альтернатив различных программных продуктов (далее – ПП) и информационных систем (далее – ИС), который постоянно пополняется новинками. Это приводит к проблеме обоснованного выбора наиболее

подходящего продукта, причем выбор должен осуществляться с минимальной тратой временных и финансовых ресурсов. Данная проблема затронула большинство организаций в нашей стране, в том числе и систему МЧС России, для которой выпускается всё больше программ схожего назначения и функционала.

Проведения выбора наилучшей альтернативы классическими неформализованными способами не приводит к успеху, т.к. результаты имеют субъективный и относительный характер [1-4].

Целью настоящей статьи является разработка формализованного инструмента, с помощью которого становится возможным проводить обоснованный выбор наиболее подходящих ПП под нужды организаций, в том числе и МЧС России.

В рамках настоящей статьи демонстрируется новый авторский метод оценки эффективности ИС и ПП посредством анализа их графических пользовательских интерфейсов (далее – ГПИ). Данный метод основан на работе трех алгоритмов: алгоритм оценки пространственно-временных характеристик ГПИ; алгоритм оценки графической архитектуры ГПИ; алгоритм оценки качества логики взаимодействия с ГПИ [5-10].

Данные алгоритмы позволяют всесторонне провести оценку ГПИ и получить числовые значения: частных показателей эффективности (далее – ЧПЭ), целевых показателей эффективности (далее – ЦПЭ), функциональных показателей эффективности (далее – ФПЭ) и интегральных показателей эффективности (далее – ИПЭ). В свою очередь предложенный метод позволяет сделать свертку спектра полученных параметров к единому показателю эффективности.

Методы исследования

Вкратце рассмотрим состав шагов алгоритмов и результаты их работы.

Алгоритм оценки пространственно-временных характеристик ГПИ направлен на оценку пространственной составляющей интерфейсов, а именно оптимальности расположения графических элементов (далее – ГЭ) и их доступность [5]. Предложенный алгоритм состоит из следующих шагов:

Шаг 1 – Инициализация главной формы ГПИ, вычисление её площади;

Шаг 2 – Определение пространственных характеристик:

Шаг 2.1 – Поиск ГЭ, входящих в состав главной формы ГПИ, определение их размеров и координат;

Шаг 2.2 – Если найдены все ГЭ, переход на шаг 2.3, если нет – возврат на шаг 2.1;

Шаг 2.3 – Поиск компонентов, входящих в состав каждого ГЭ, определение их размеров и координат;

Шаг 2.4 – Если найдены все компоненты, входящие в состав определённого ГЭ, то осуществляется переход на шаг 2.5, если нет – возврат на шаг 2.3;

Шаг 2.5 – Определение характеристик ГЭ: описание графического элемента *Con*, состояния *St*, способы использования *Wi*, условия использования *Uc* дополнительные параметры *Set*;

Шаг 2.6 – Вычисление ЧПЭ «Избыточность функционала»;

Шаг 2.7 – Вычисление ЧПЭ «Управляемость» и ЧПЭ «Визуальная простота»;

Шаг 2.8 – Определение плотности заполнения главной формы ГЭ;

Шаг 2.9 – Определение равномерности заполнения главной формы ГЭ;

Шаг 2.10 – Построение параметрической карты основной формы ГПИ, отражающей плотность её заполнения ГЭ;

Шаг 2.11 – Построение параметрической карты основной формы ГПИ, отражающей её загруженность «точками концентрации внимания»;

Шаг 3 – Определение временных характеристик:

Шаг 3.1 – Определение числа ГЭ в основной форме ГПИ с которыми может взаимодействовать пользователь;

Шаг 3.2 – Определение времени обхода всех компонентов;

Шаг 3.3 – Определение времени обхода всех компонентов выбранного ГЭ согласно их порядку при использовании манипулятора «мышь»;

Шаг 3.4 – Определение времени обхода всех компонентов выбранного ГЭ согласно их порядку при использовании клавиатуры;

Шаг 3.5 – Определение времени ввода информации во все ГЭ;

Шаг 3.6 – Определение времени восприятия пользователем информации;

Шаг 3.7 – Определение подмножества труднодоступных компонентов ГЭ при использовании

манипулятора «мышь»;

Шаг 3.8 – Определение среднего времени доступа к компоненту с помощью манипулятора «мышь»;

Шаг 3.9 – Составление массива труднодоступных компонентов ГЭ при использовании манипулятора «мышь». Если проверены все компоненты, переход к шагу 3.10, если нет – возврат на шаг 3.7;

Шаг 3.10 – Определение подмножества труднодоступных компонентов ГЭ при использовании клавиатуры;

Шаг 3.11 – Определение среднего времени доступа к компоненту с помощью клавиатуры;

Шаг 3.12 – Составление массива труднодоступных компонентов ГЭ при использовании клавиатуры. Если проверены все компоненты, переход к шагу 3.13, если нет – возврат на шаг 3.10;

Шаг 3.13 – Вычисление ЧПЭ «Наглядность»;

Шаг 3.14 – Вычисление ЧПЭ «Предсказуемость»;

Шаг 3.15 – Вычисление ЧПЭ «Информативность»;

Шаг 3.16 – Вычисление ЧПЭ «Обучаемость»;

Шаг 3.17 – Конец алгоритма, вывод результатов.

В результате работы алгоритма эксперту предоставляются следующие данные в числовом виде: общее количество ГЭ входящих в состав главной формы ГПИ; общее количество компонентов ГЭ; количество состояний ГЭ; скорость активации каждого ГЭ; эффективность пространственного расположения ГЭ; степень равномерности заполнения главной формы ГПИ графическими элементами; плотность заполнения главной формы ГПИ графическими элементами; информационная загруженность каждого ГЭ; общая информационная загруженность главной формы ГПИ; число ГЭ в основной форме ГПИ с которыми может взаимодействовать пользователь; время обхода всех компонентов, выбранного ГЭ; время обхода всех компонентов выбранного ГЭ согласно их порядку при использовании манипулятора «мышь»; время обхода всех компонентов выбранного ГЭ согласно их порядку при использовании клавиатуры; время ввода информации во все ГЭ; время восприятия пользователем информации из всех ГЭ; ЧПЭ

(«Избыточность функционала», «Управляемость», «Визуальная простота», «Наглядность», «Предсказуемость», «Информативность», «Обучаемость»);

А также следующие параметрические карты: основной формы ГПИ отражающей плотность её заполнения ГЭ; основной формы ГПИ отражающей её загруженность «точками концентрации внимания»; множества труднодоступных компонентов ГЭ при использовании манипулятора «мышь»; множества труднодоступных компонентов ГЭ при использовании клавиатуры.

Алгоритм оценки графической архитектуры ГПИ направлен на оценку визуальной составляющей интерфейсов. В основе алгоритма лежат формулы и константы, полученные опытным путём в дисциплинах эргономики и инженерной психологии [6-8]. Алгоритм проводит оценку по следующим направлениям: оценка сложности визуального восприятия ГПИ; оценка гармоничности цветовой схемы; оценка ГПИ на наличие и степень преобладания «эффекта стереохроматизма» в цветовой схеме; оценка гармоничности пропорций элементов ГПИ. Алгоритм состоит из следующих шагов:

Шаг 1 – Инициализация главной формы ГПИ, вычисление её площади;

Шаг 2 – Оценка сложности визуального восприятия:

Шаг 2.1 – Вычисление общей яркости изображения ГПИ;

Шаг 2.2 – Построение параметрической карты основной формы ГПИ, характеризуемой яркостью изображения;

Шаг 2.3 – Вычисление общей контрастности изображения ГПИ;

Шаг 2.4 – Вычисление доминирующего тона ГПИ;

Шаг 2.5 – Оценка резкости изображения ГПИ;

Шаг 2.6 – Выделение контуров изображений элементов ГПИ с помощью алгоритма Превитта;

Шаг 2.7 – Применение метода «наращивания областей» для идентификации контуров с помощью;

Шаг 2.8 – Кластеризация с помощью алгоритма FOREL;

Шаг 2.9 – При выполнении условий переход к шагу 2.10, если нет – возврат на шаг 2.8;

Шаг 2.10 – Построение множества высококонтрастных и низко контрастных областей;

Шаг 2.11 – Вычисление ЧПЭ «Читабельность»;

Шаг 3 – Оценка цветового решения основной формы ГПИ:

Шаг 3.1 – Инициализация оттенков по всей области анализируемого ГПИ;

Шаг 3.2 – Если все цвета инициализированы, то переход к шагу 3.3, если нет – возврат на шаг 3.1;

Шаг 3.3 – Присвоение каждому инициализированному цвету веса;

Шаг 3.4 – Проверка на соответствие Цвет \rightarrow Ассоциация с цветом \rightarrow Функциональное назначение ГЭ и построение соответствующей параметрической карты;

Шаг 3.2 – Вычисление площади каждого оттенка S_n в области ГПИ;

Шаг 3.3 – Вычисление коэффициента гармоничности оттенка;

Шаг 3.2 – Вычисление ЧПЭ «Эстетичность»;

Шаг 4 – Оценка ГПИ на наличие и степень преобладания «эффекта стереохроматизма» в цветовой схеме.

Шаг 4.1 – Суммирование полученных оттенков в десять основных «цветов»: жёлтый, оранжевый, красный, фиолетовый, синий, голубой, зелёный, пурпурный, белый и чёрный;

Шаг 4.2 – Сравнение общего количества цветов с оптимальным значением;

Шаг 4.3 – Сегментация всей области интерфейса на прямоугольные области размером ясного видения пользователей;

Шаг 4.4 – Анализ каждого из полученных сегментов на наличие «эффекта стереохроматизма»;

Шаг 4.5 – Вычисление общего значения воздействия «эффекта стереохроматизма» по всей области ГПИ;

Шаг 4.6 – Вычисление ЧПЭ «Привлекательность»;

Шаг 5 – Оценка гармоничности пропорций элементов ГПИ:

Шаг 5.1 – Поиск всех ГЭ основной формы ГПИ;

Шаг 5.2 – Проверка на инициализацию всех ГЭ, если все ГЭ найдены переход к шагу 5.3, если нет – возврат на шаг 5.1;

Шаг 5.3 – Вычисление длины и высоты ГЭ и компонентов, входящих в их состав;

Шаг 5.4 – Оценка гармоничности пропорций элементов ГПИ (ЧПЭ «Мобильность»);

Шаг 5.5 – Вычисление ЧПЭ «Единообразия»;

Шаг 5.6 – Конец алгоритма, вывод результатов.

В результате работы алгоритма эксперту предоставляются следующие характеристики в числовом виде: общая яркость изображения ГПИ; общая контрастность изображения ГПИ; доминирующий тон ГПИ; резкость изображения ГПИ; площадь всех оттенков ГПИ; общая оценка гармоничности цветовой схемы ГПИ с учётом «эффекта стереохроматизма»; степень преобладания «эффекта стереохроматизма» в цветовой схеме; общее количество цветов ГПИ; сложность цветового восприятия; гармоничность цветовой схемы по всей площади ГПИ, с учётом воздействия «эффекта стереохроматизма»; гармоничность пропорций элементов ГПИ; ЧПЭ: «Читабельность», «Эстетичность», «Привлекательность», «Мобильность», «Единообразие». А также следующие параметрические карты: основной формы ГПИ, характеризующая яркость изображения; подмножества низкой и высокой контрастности; скорости восприятия цветовой схемы пользователями; проблемных участков ГПИ, связанных с «эффекта стереохроматизма»; соответствия цветовой схемы ГПИ моделям пользователей по гендерному признаку. Разработанный алгоритм позволяет проводить оценку как гармоничности цветовой схемы ГПИ, так и общей визуальной эстетичности.

Также полученные в результате вычислений значения могут быть использованы для выявления проблематичных участков интерфейсов по отдельным направлениям: наличие «эффекта стереохроматизма», степени гармоничности цветовой схемы, гармоничности пропорций ГПИ, визуальной эстетичности.

Алгоритм оценки качества логики взаимодействия с ГПИ анализирует логическую

составляющую интерфейса, в аспектах отказоустойчивости и удобства использования [9-10]. Основан алгоритм на анализе ассоциативных правил и теории последовательных шаблонов, использование которых позволяет проводить оценку эффективности ГПИ на завершающих стадиях. Алгоритм состоит из следующих шагов:

Шаг 1 – Анализ действий отдельных пользователей;

Шаг 1.1 – Сбор элементарных действий отдельного пользователя El ;

Шаг 1.2 – Составление транзакций Tr из последовательностей элементарных действий;

Шаг 1.3 – Выбор критерия K для фильтрации элементарных действий;

Шаг 1.4 – Фильтрация элементарных действий отдельного пользователя;

Шаг 1.5 – Если фильтрация прошла успешно, переход к шагу 1.6, если нет – возврат на шаг 1.3;

Шаг 1.6 – Вычисление ЧПЭ «Понятность»;

Шаг 1.7 – Вычисление ЧПЭ «Устойчивость к ошибкам»;

Шаг 1.8 – Вычисление ЧПЭ «Контролируемость»;

Шаг 1.9 – Вычисление ЧПЭ «Обнаруживаемость»;

Шаг 1.10 – Преобразование шаблонов во временные интервалы;

Шаг 2 – Сравнение и анализ шаблонов групп пользователей;

Шаг 2.1 – Обобщение шаблонов действий пользователей и создание на их основе базы данных $\{S\}$;

Шаг 2.1 – Сортировка шаблонов по определённым признакам Ph (фаза сортировки);

Шаг 2.2 – Поиск последовательностей в соответствии со значением минимальной поддержки Pcs (фаза отбора кандидатов);

Шаг 2.3 – Вычисление на подтверждение присутствия последовательности в шаблонах пользователей Pt (фаза трансформации);

Шаг 2.4 – Установка значения минимальной поддержки S_{min} ;

Шаг 2.5 – Если значение минимальной поддержки S_{min} удовлетворяет условиям задаче, то

переход к шагу 2.6, если нет – возврат на шаг 2.4;

Шаг 2.6 – Генерация последовательностей удовлетворяющих минимальной поддержке Psg (фазы генерации последовательностей);

Шаг 2.7 – Формирование максимальных последовательностей Se_{max} ;

Шаг 2.8 – Если проанализированы все шаблоны пользователей, то алгоритм заканчивает работу, если нет – возврат к шагу 2;

Шаг 2.9 – Конец алгоритма, вывод результатов.

Применение разработанного алгоритма позволит проектировщикам выявлять недостатки ГПИ в отношении приоритетных направлений эффективности (скорость работы, количество ошибок, отзывчивость интерфейса и т.д.) и определённой области интерфейса (рабочая область, главное меню, панель инструментов) за счёт использования фильтрации элементарных действий пользователей. Двухуровневая оценка позволит находить как индивидуальные проблемы пользователей в ГПИ, так и подтверждать их достоверность через «массовость» находя схожие проблемы у других пользователей.

В результате работы алгоритма вычисляется множество индивидуальных повторяющихся шаблонов $\{S^*\}$, множество повторяющихся шаблонов среди группы пользователей $\{S^{**}\}$, затраченное время на выполнение шаблона $t(s)$, ЧПЭ: «Понятность», «Устойчивость к ошибкам», «Контролируемость», «Обнаруживаемость».

Таким образом, в результате вычислений разработанных алгоритмов эксперту предоставляется список числовых значений ЧПЭ, а также дополнительная информация в графическом виде параметрических карт (демонстрирует проблемные области визуального представления ГПИ) и в виде последовательностей действий пользователей (демонстрируют проблемные области ГПИ в части выполнения сценариев взаимодействия).

Перейдем к описанию метода многокритериальной оценки, который позволяет свернуть весь спектр полученных параметров к единому показателю эффективности.

Схема связей между показателями эффективности разных групп и место метода в структуре

анализа, сравнения и оценки эффективности ГПИ представлена на рисунке.

Разработанный метод имеет иерархическую структуру, состоящую из пяти уровней:

Уровень 1 – цель: выбор интерфейса ИС обладающего наибольшей эффективностью.

Уровень 2 – критерии (ЦПЭ: «Результативность», «Оперативность», «Ресурсоэкономность»).

Уровень 3 – критерии (ФПЭ: «Скорость работы», «Количество ошибок», «Скорость обучения», «Степень сохранения навыков», «Субъективная удовлетворённость», «Когнитивная нагрузка», «Визуальная нагрузка», «Моторная нагрузка»).

Уровень 4 – критерии (ЧПЭ: «Избыточность функционала», «Наглядность», «Понятность», «Единообразие», «Эстетичность», «Устойчивость к ошибкам», «Мобильность», «Предсказуемость», «Контролируемость», «Читабельность», «Информативность», «Привлекательность», «Управляемость», «Визуальная простота», «Обнаруживаемость», «Обучаемость»).

Уровень 5 – средства достижения цели (альтернативы информационных систем, ГПИ которых сравниваются между собой).

Метод представлен в виде алгоритма, состоящего из следующих шагов:

Шаг 1 – Вычисление ЧПЭ с помощью представленных выше алгоритмов оценки отдельных составляющих ГПИ;

Шаг 2 – Присвоение каждому ЧПЭ весового коэффициента согласно мнению заказчика $0 < \varepsilon_i < 1$.

Шаг 3 – Свертка ЧПЭ до ФПЭ. Так как некоторые показатели стремятся к нулю (например, $\varepsilon_1 f_1(x) \rightarrow \max$, $\varepsilon_2 f_2(x) \rightarrow \min$), то свертка имеет следующий вид:

$$W_i = \varepsilon_1 f_1(x) - \varepsilon_2 f_2(x) \rightarrow \max \quad (1)$$

где ε_i – весовой коэффициент устанавливаемый заказчиком;

$f_i(x)$ – ЧПЭ;

Шаг 4 – Присвоение каждому ФПЭ весового коэффициента, устанавливаемого в соответствии с характеристиками когнитивных моделей описания пользователей целевой аудитории $0 < \beta_i < 1$. Для вычисления коэффициентов β_i используются матрицы парных сравнений, наполнение которых производится балами шкалы отношений [11].

Шаг 5 – Свертка ФПЭ до ЦПЭ. Так как некоторые показатели стремятся к нулю, то свертка имеет следующий вид:

$$F_i = \beta_1 * W_1 - \beta_2 * W_2 \rightarrow \max \quad (2)$$

при условии, что $\beta_1 * W_1 \rightarrow \max$, $\beta_2 * W_2 \rightarrow \min$.

Шаг 6 – Присвоение каждому ЦПЭ весового коэффициента, устанавливаемого согласно мнению ЛПР $0 < \delta_i < 1$.

Шаг 7 – Свертка ЦПЭ до ИПЭ по следующей формуле:

$$E_i = \delta_1 * F_1 + \delta_2 * F_2 \rightarrow \max \quad (3)$$

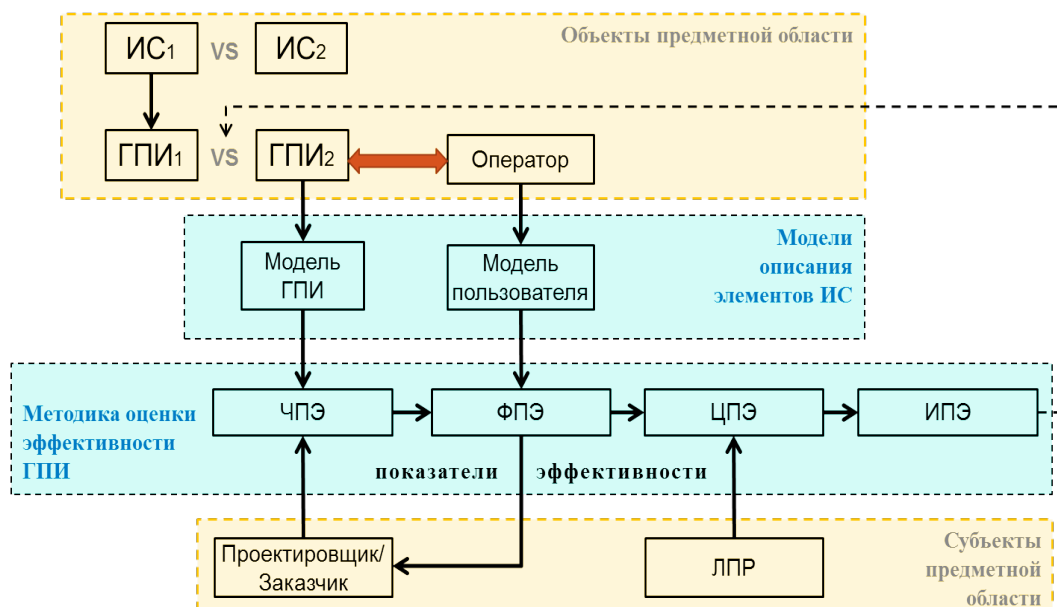


Рисунок – Схема связей между показателями эффективности разных групп и свертки с помощью разработанного метода

Шаг 8 – Вычисление итогового ИПЭ по следующей формуле:

$$E_{res} = \sum_{i=1}^n E_i \quad (4)$$

Шаг 9 – Сравнение итоговых ИПЭ альтернатив ГПИ. Наилучшим считать ГПИ, обладающий наибольшим показателем E_{res} .

Результаты исследования и их обсуждение

Таким образом, с помощью разработанного метода многокритериальной оценки эффективности ГПИ становится возможным проведение обоснованного выбора ИС и ПП за счёт представленных в настоящей статье научно-методических средств, которые позволяют в формализованном виде рассчитать, как отдельные группы показателей, для проведения промежуточной оценки на соответствие потребностям и требованиям определённой группы ключевых лиц (заказчики, пользователи, руководителей), так и свернуть весь спектр показателей в единый показатель эффективности, с помощью которого удобно проведение сравнительной оценки ГПИ альтернатив схожего назначения и функционала.

Заключение

Представленный в настоящей статье метод и алгоритмы, входящие в его состав, позволяют проводить многокритериальную оценку эффективности ИС и ПП за счёт использования математического аппарата и констант из различных сфер исследований, что исключает субъективность получаемой оценки и непосредственно влияет на качество полученного результата, который не подвержен мнениям отдельных экспертов.

Данные научно-методические средства могут успешно применяться в системе МЧС России с целью выбора наиболее эффективного программного обеспечения из спектра альтернатив схожего назначения и функционала.

Список литературы

1. *Тельнов Ю.Ф.* Интеллектуальные информационные системы. – М.: Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права, 2004. – 82 с.
2. *Матвейкин В.Г., Дмитриевский Б.С., Ляпин Н.Р.* Информационные системы интеллектуального анализа. – М.: Машиностроение, 2008. – 92 с.
3. *Раскин Д.* Интерфейс Новые направления в проектировании компьютерных систем. – М.: Символ, 2007. – 257 с.
4. *Жарко Е.Ф., Антонов А.В., Промыслов В.Г.* Проблемы оценки надежности и качества программного обеспечения в автоматизированных системах управления технологическими процессами // *Надежность.* – 2015. – № 4 (55). – С. 87-91.
5. *Вострых А.В., Терёхин С.Н.* Оценка информационной загруженности интерфейсов информационных систем МЧС России с помощью компьютерного зрения // *Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России».* – 2021. – № 1. – С. 76-82.
6. *Вострых А.В., Лимонов Б.С., Шидловский Г.Л.* Алгоритм оценки графической архитектуры специализированных программных средств, используемых в подразделениях МЧС России // *Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России».* – 2020. – № 3. – С. 127-136.
7. *Фершильд М.Д.* Модели цветового восприятия. – М.: Астрель, 2006. – 439 с.
8. *Анисимов Б.В.* Распознавание и цифровая обработка изображений. – М.: Высш. школа, 1983. – 295 с.
9. *Воронин Д.А.* Модифицированный алгоритм AprioriAll поиска последовательных шаблонов // *В мире научных открытий.* – 2011. – № 8 (20). – С. 136-145.
10. *Вострых А.В., Семёнов А.В., Терёхин С.Н.* Оценка ГПИ посредством алгоритма поиска последовательных шаблонов // *Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России».* – 2020. – № 2. – С. 95-103.
11. *Саати Т.* Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

References

1. *Telnov Yu.F.* Intelligent information systems. – М.: Moscow International Institute of Econometrics, Informatics, Finance and Law, 2004. – 82 p.
2. *Matveikin V.G., Dmitrievsky B.S., Lyapin N.R.* Information systems of intellectual analysis. – М.: Mashinostroenie, 2008. – 92 p.
3. *Raskin D.* Interface New directions in designing computer systems. – М.: Simvol, 2007. – 257 p.
4. *Zharko E.F., Antonov A.V., Promyslov V.G.* Problems of assessing the reliability and quality of software in automated process control systems // Reliability. – 2015. – No. 4 (55). – pp. 87-91.
5. *Vostrykh A.V., Terekhin S.N.* Evaluation of the information load of the interfaces of information systems of the Ministry of Emergency Situations of Russia using computer vision // Bulletin of the St. Petersburg university of the state fire service of the Ministry of emergency situations of Russia. – 2021. – No. 1. – pp. 76-82.
6. *Vostrykh A.V., Terekhin S.N.* Evaluation of the information load of the interfaces of information systems of the Ministry of Emergency Situations of Russia using computer vision // Bulletin of the St. Petersburg university of the state fire service of the Ministry of emergency situations of Russia. – 2020. – No. 3. – pp. 127-136.
7. *Fershild M.D.* Color perception models. – М.: Astrel', 2006. – 439 p.
8. *Anisimov B.V.* Recognition and digital image processing. – М.: Vysshaya shkola, 1983. – 295 p.
9. *Voronin D.A.* Modified AprioriAll algorithm for searching for sequential patterns // In the world of scientific discoveries. – 2011. – No. 8 (20). – pp. 136-145.
10. *Vostrykh A.V., Semyonov A.V., Terekhin S.N.* Evaluation of the GUI by means of a search algorithm for sequential patterns // Bulletin of the St. Petersburg university of the state fire service of the Ministry of emergency situations of Russia. – 2020. – No. 2. – pp. 95-103.
11. *Saati T.* Decision making. Hierarchy Analysis Method. – М.: Radio i svyaz', 1993. – 278 p.

Статья поступила в редакцию 12 апреля 2022 г.

Принята к публикации 5 октября 2022 г.

Ссылка для цитирования: 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: <https://doi.org/10.37468/2307-1400-2022-4-57-64>

For citation: Vostrykh A.V. Method and algorithms of multi-criteria evaluation of graphical user interfaces of software products of the Ministry of emergency situations of Russia // National security and strategic planning. 2022. № 4(40). pp. 57-64. DOI: <https://doi.org/10.37468/2307-1400-2022-4-57-64>

Сведения об авторе:

ВОСТРЫХ АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ – кандидат технических наук, преподаватель кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: a.vostrykh@list.ru

Information about authors:

VOSTRYKH ALEXEY V. Candidate of Technical Sciences, Lecturer at the Department of Applied Mathematics and Information Technology, St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia named after the Hero of the Russian Federation, General of the Army E.N. Zinichev, St. Petersburg, Russia
e-mail: a.vostrykh@list.ru