

УДК 681.518

А.В. Вострых, Т.И. Давыдова, Ю.И. Синещук, С.Н. Терёхин

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ГРАФИЧЕСКИХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ ПО ВРЕМЕНИ ПОИСКА ИНФОРМАЦИОННО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Вострых Алексей Владимирович, адъюнкт Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России, окончил факультет пожарной безопасности и факультет экономики и права Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. Специализируется в области проектирования графических пользовательских интерфейсов информационных систем, ориентированных на человеко-машинное взаимодействие. [e-mail: a.vostrykh@list.ru].

Давыдова Татьяна Ивановна, кандидат технических наук, окончила радиотехнический факультет Ульяновского государственного технического университета. Ведущий инженер ФНПЦ АО «НПО «Марс». Имеет статьи и монографию в области расчетов надежности и эксплуатации радиотехнических средств. [e-mail: tasha_dav@inbox.ru].

Синещук Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, окончил факультет боевых информационных управляющих систем Высшего военно-морского училища радиоэлектроники им. А.С. Попова. Профессор Санкт-Петербургского университета МВД России. Специализируется в области анализа и обеспечения информационной безопасности, устойчивости функционирования сложных систем. [e-mail: sinegal53@mail.ru].

Терёхин Сергей Николаевич, доктор технических наук, доцент, окончил факультет подготовки сотрудников ГПС Санкт-Петербургского университета МВД России. Профессор Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. Специализируется на информационно-методическом обеспечении промышленной и пожарной безопасности. [e-mail: expert_terehin@inbox.ru].

Аннотация

В статье рассматривается проблема качества графических пользовательских интерфейсов, используемых для различных программных продуктов. Анализируются показатели оценки качества интерфейсов. Сформулирован формализованный подход к оценке скорости поиска информации и функциональных объектов. Предложен алгоритм оценки скорости поиска информации и функциональных элементов, позволяющий автоматизировать процесс оценки и сравнительного анализа интерфейсов различных программ.

Ключевые слова: графический пользовательский интерфейс, информационно-функциональные объекты, программное обеспечение, информационный поиск, информационное поле.

doi: 10.35752/1991-2927-2021-3-65-77-83

THE ALGORITHM FOR EVALUATING GRAPHICAL USER INTERFACES BASED ON THE SEARCH TIME OF INFORMATION AND FUNCTIONAL OBJECTS

Aleksei Vladimirovich Vostrykh, Postgraduate Student of the St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia; graduated from the Faculty of Fire Safety and the Faculty of Economics and Law of the St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia; specializes in the design of graphical user interfaces of information systems focused on human-machine interaction. e-mail: a.vostrykh@list.ru.

Tatiana Ivanovna Davydova, Candidate of Sciences in Engineering; graduated from the Radioengineering Faculty of Ulyanovsk State Technical University; Leading Engineer at FRPC JSC 'RPA 'Mars'; an author of articles and monograph in the field of calculations of reliability and operation of radioengineering facilities. e-mail: tasha_dav@inbox.ru.

Iurii Ivanovich Sineshchuk, Doctor of Sciences in Engineering, Professor; Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation; graduated from the Faculty of Combat Information Management Systems of the A.S. Popov Higher Naval School of Radioelectronics; Professor of the Saint-Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia; specializes in analysis and information security, stability of complex systems. e-mail: sinegal@rambler.ru.

Sergei Nikolaevich Terekhin, Doctor of Sciences in Engineering, Associate Professor; graduated from the Specialist Training Faculty of the State Fire Service Employees of the St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia; Professor of the St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia; specializes in information and methodological support of industrial and fire safety. e-mail: expert_tereihin@inbox.ru.

Abstract

The article deals with the problem of the quality of graphical user interfaces used for various software products. The indicators for evaluating the quality of interfaces are analyzed. A formalized approach to evaluating the speed of information search and functional objects is formulated. An algorithm for evaluating the speed of information search and functional elements is proposed, which allows automating the process of evaluating and comparative analysis of interfaces of various programs.

Keywords: GUI, information and functional objects, software, information search, information field.

ВВЕДЕНИЕ

Современное информационное общество формируется в процессе информатизации и предполагает процесс масштабного внедрения информационных технологий для повышения эффективности всех видов человеческой деятельности, включая задачи обороны, безопасности жизнедеятельности, правопорядка. Вместе с бурным развитием информационных технологий количество новинок программных продуктов с каждым днём непрерывно растёт, стремясь покрыть все возможные информационно-функциональные потребности рядовых пользователей [1–3]. Как показывает практика использования программ и проведённые опросы целевых аудиторий, истинные мотивы и цели пользователей очень далеки от полного удовлетворения [4, 5].

Причины негативных отзывов и внутреннего когнитивного диссонанса, возникающего при работе с различными программными продуктами, зачастую кроются в низком качестве графических пользовательских интерфейсов (ГПИ) [6–8], которые являются посредниками между алгоритмами и ментальными моделями пользователей. В то же время, одной из основных функций ГПИ как раз и являются преодоление пользователями понятийного барьера и упрощение представления ими механизмов взаимодействия с программами [9–11].

Существующие на сегодня программные продукты как специализированного профиля, так и общецелевого (офисного) назначения имеют ряд серьёзных недостатков, заключающихся в сложности обучения навыкам оперирования инструментарием программ, низкой скорости работы в среде, постоянных сбоях и ошибках в системах. Также на низком уровне остаётся и такой показатель, как субъективная удовлетворенность пользователей. Это приводит к повышению когнитивной и психологической нагрузок на оператора и возникновению внутреннего когнитивного сопротивления.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для устранения перечисленных недостатков и повышения уровня качества ГПИ необходимо в первую очередь иметь возможность их сравнительной оценки как между собой, так и с неким эталоном. Рассматриваемый метод основан на оценке времени, затраченном пользователем на поиск информационно-функциональных объектов (ИФО).

Понятие поиска ИФО рассматривается с позиции процесса нахождения пользователем на экранной форме объекта с заданными информационными признаками, такими, как: особая форма, цвет, функциональность (индикатор, кнопка, чекбокс, поле ввода). Задача пользователя заключается в нахождении такого объекта и характеризуется временем, затраченным на этот поиск [12]. Общее время информационного поиска $T_{\text{ип}}$ определяется с помощью формулы:

$$T_{\text{ип}} = \sum_{i=1}^n (t_{gv} + t_{fi}), \quad (1)$$

где t_{gv} – время перемещения i -го взора;

t_{fi} – время i -й фиксации взора;

n – количество шагов поиска (количество фиксаций, затраченных на нахождение нужного объекта).

Время перемещения взора пользователя определяется углом скачка взора, а время фиксации является сложносоставным понятием и зависит от следующих факторов: свойств информационного поля, способа деятельности оператора, степени сложности искомых элементов, особенностей ГПИ и т. д.

В условиях однородности элементов конкретного информационного поля ГПИ и конкретной задачи, величина t_{fi} относительно постоянна и является характеристикой данных условий работы и может быть принята из экспериментальных результатов:

- фиксация объекта ГПИ – 370 мс;

- чтение буквы или цифры – 310 мс;
- фиксация условных знаков – 300 мс;
- фиксация простых геометрических фигур – 200 мс;
- фиксация индикатора – 280 мс.

В свою очередь в условиях конкретной задачи $t_{gv} \ll t_{fi}$ (т.е. t_{gv} считается пренебрежимо малой величиной по сравнению с t_{fi} , величина t_{gv} при таких условиях эквивалентна 1 мс), тогда формула (1) примет следующий вид [12]:

$$T_{ип} = \bar{n} * (1 + t_{fi}), \quad (2)$$

где \bar{n} – математическое ожидание количества шагов поиска (зрительных фиксаций, необходимых для нахождения объекта с заданными признаками в ГПИ):

$$\bar{n} = \frac{N}{M+1}, \quad (3)$$

где N – общий объем (количество элементов) информационного поля;

M – количество объектов, обладающих заданным для поиска признаком;

a – объем зрительного восприятия.

+1 в числителе и знаменателе формулы (3) вводится на случай нулевых значений параметров M и N . Объем зрительного восприятия ограничен, с одной стороны, объемом оперативной памяти (от 4 до 8 элементов), а с другой – пространственными характеристиками зрения (размерами зоны ясного видения) [14]. Следует иметь в виду, что в процессе поиска размеры зоны ясного видения составляют примерно 10° [15]. В итоге под объемом восприятия, в данном случае, следует считать то количество предметов (но не более от 4 до 8), которое одновременно попадает в зону, ограниченную углом 10° в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Подставив значение \bar{n} из формулы (3) в формулу (2), получим:

$$T_{ип} = \frac{N}{M+1} + 1 * t_{fi}. \quad (4)$$

Объем зрительного восприятия a имеет некоторые ограничения в силу когнитивных особенностей человеческой природы: с одной стороны, объем оперативной памяти (составляет от 4 до 6 компонентов), а с другой – пространственные характеристики зрения (размеры «зоны ясного видения») [12]. Следует иметь в виду, что в процессе поиска размеры «зоны ясного видения» составляют примерно 10° [13]. В итоге под объемом восприятия, в данном случае, следует считать то количество предметов (но не более от 4 до 8), которое одновременно попадает в зону, ограниченную углом 10° в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Приведённые выше параметры и формулы использовались для создания алгоритма оценки ГПИ в аспекте скорости информационного поиска, который состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Сегментация анализируемой области ГПИ на прямоугольные зоны размером, не превышающим «зону ясного видения», что составляет 400 px по горизонтали и 240 px по вертикали при расстоянии пользователя от монитора 650 мм [14, 15] (рис. 1);

Шаг 2. Вычисление общего количества объектов N отдельно в каждом выделенном сегменте (объекты выделены зелёным цветом, рис. 2). Если объект находится в нескольких сегментах, то он принадлежит тому сегменту, в пределах которого располагается его большая площадь;

Шаг 3. Вычисление количества объектов, обладающих заданным для поиска признаком M , отдельно в каждом сегменте (объекты выделены оранжевым цветом, рис. 3). Если объект находится в нескольких сегментах, то он принадлежит тому сегменту, в пределах которого располагается его большая площадь;

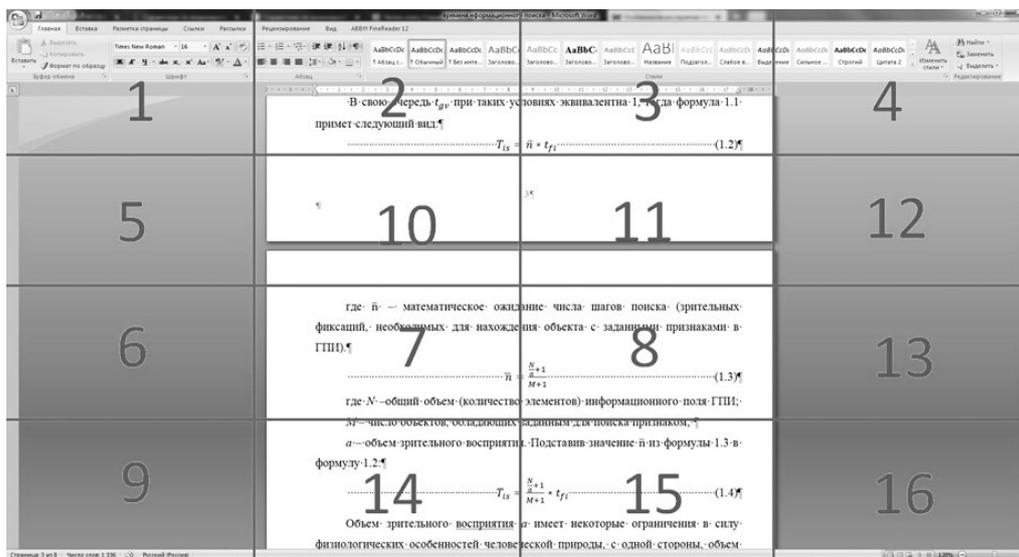


Рис. 1. Сегментация анализируемой области ГПИ на прямоугольные зоны



Рис. 2. Вычисление общего количества объектов N отдельно в каждом выделенном сегменте (объекты в овальной области выделены зелёным цветом)

Шаг 4. Выбор величины t_{fi} из справочных материалов в зависимости от свойств искомого объекта;

Шаг 5. Выбор параметра объема зрительного восприятия a . Минимальным является величина $a = 4$, так как экспериментально доказано, что такое количество элементов может запомнить в оперативной памяти любой пользователь. Данный показатель можно менять в диапазоне от 4 до 6 в зависимости от разработанных моделей пользователей.

Шаг 6. Расчёт сложности информационного поиска для каждого сегмента согласно формуле (4) и свойствам искомого объекта. Полученные результаты позволяют сравнить сегменты ГПИ между собой.

2 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проанализируем с помощью разработанного алгоритма два сегмента программы Microsoft Office Word на предмет сложности информационного поиска кнопок форматирования текста (рис. 2).

Составим таблицу значений параметров, необходимых для вычисления сложности информационного поиска, со следующими ограничениями (табл. 1):

- вложенность элементов при проведении расчётов не учитывается;
- потенциальные объекты для анализа выделены зелёными прямоугольниками (объекты в большом овале) (рис.3);
- параметр a примем равным 4;
- так как искомый объект является кнопкой, то примем экспериментальную величину $t_{fi} = 200$ мс.

Таблица 1

Параметры для вычисления сложности информационного поиска в областях 1 и 2

	сегмент 1	сегмент 2
N	25	22
a	4	4
t_{fi}	200	200
M	9	17

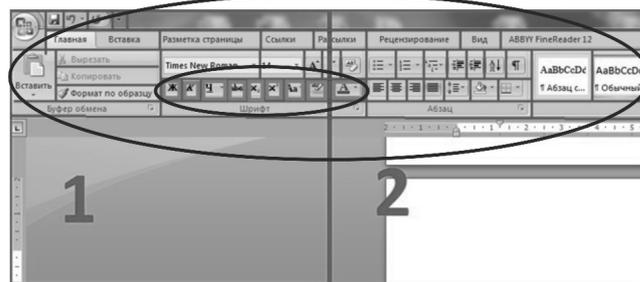


Рис. 3. Определение объектов, обладающих заданным для поиска признаком M (объекты в маленьком овале выделены оранжевым цветом)

Произведём вычисления согласно формуле (4):

$$T_{ин(1)} = \frac{N}{M+1} + 1 = \frac{25}{9+1} + 1 = \frac{4}{9+1} * 200 = 145,$$

$$T_{ин(2)} = \frac{N}{M+1} + 1 = \frac{22}{17+1} + 1 = \frac{4}{17+1} * 200 = 76,47.$$

Из проведённых вычислений следует, что информационный поиск заданных объектов во второй области будет в два раза быстрее, чем в первой.

При проведении оценки сложности информационного поиска определённого объекта по всей площади ГПИ разработанный алгоритм дополняется следующими шагами, указанными ниже.

Шаг 7. После выполнения шага 6 происходит поиск искомого объекта в одном из сформированных сегментов. Последовательность обхода каждого сегмента определяет F -образный путь. Согласно исследованиям [16] взгляд пользователя во время сканирования содержимого ГПИ программы «рисует» на экране букву «F» следующим образом:

- a) в первую очередь взгляд человека идет слева направо вдоль верхней горизонтальной зоны экрана;
- b) затем взгляд возвращается в левый верхний угол и опускается вниз по левому краю на следующий горизонтальный уровень с информацией;
- c) снова выполняется просмотр зоны слева направо по горизонтали (протяженность этой зоны напрямую зависит от того, насколько интересна пользователю размещенная там информация);
- d) взгляд человека вновь возвращается к левому краю экрана и скользит вниз уже практически вертикально.

Таким образом последовательность обхода сегментов можно представить следующим образом (рис. 1), где номер сегмента указывает очередность анализа.

Шаг 8. Так как искомый объект может находиться практически в любом сегменте (за исключением рабочей области, которая игнорируется при вычислениях), сложность итогового информационного поиска опре-

деляется суммой информационных поисков каждого пройденного сегмента по F -образному пути:

$$T_{\text{ипз}(j)} = \left(\frac{N_1 + 1}{M_1 + 1} * t_{f_1} \right) + \left(\frac{N_2 + 1}{M_2 + 1} * t_{f_2} \right) + \dots + \left(\frac{N_j + 1}{M_j + 1} * t_{f_j} \right). \quad (5)$$

На основе разработанного алгоритма планируется создание программного продукта, автоматически вычисляющего сложность информационного поиска как группы объектов, так и определённого объекта.

Алгоритм программного продукта будет следующим:

1) Получение разрешения ГПИ, открытого на «рабочем столе» ЭВМ.

2) Сегментация ГПИ в зависимости от полученного разрешения на зоны размером (400x240) px.

3) Поиск выбранного оператором «объекта поиска»:

а) оператор выбирает объект поиска (кнопка, чек-бокс, радиальная кнопка, выпадающий список, поле ввода и т. д.);

б) оператор выбирает параметр a (в соответствии с разработанной целевой моделью пользователя).

4) Представление оператору результатов вычисления согласно формуле (5) в числовом виде.

5) Представление оператору результатов вычисления в графическом виде (рис. 4), где каждому сегменту присваивается один из трёх цветов (допустимая зона (зелёный) – *green* (сегменты 5–8, 10–15), зона средней информационной загруженности (синий – *blue* (сегменты 9 и 16)), информационно перегруженная зона (оранжевый – *orange* (сегменты 1–4))) в соответствии с ограничениями объема зрительного восприятия человека:

$$\begin{cases} \text{if } M \leq 4 \rightarrow S_i \in \text{background: green,} \\ \text{if } 4 < M \leq 6 \rightarrow S_i \in \text{background: blue,} \\ \text{if } 6 < M \rightarrow S_i \in \text{background: orange.} \end{cases}$$

Разработанный алгоритм может быть реализован двумя способами. Первый заключается в использовании возможностей машинного зрения, второй – через обращения к элементам программы через код.

Реализация первого подхода будет легче, так как в настоящее время имеются готовые библиотеки распознавания объектов, но возникает проблема со сложностью распознавания форм объектов, так как современные интерфейсы уже не используют чётко выделенные ограничения информационно-функциональных объектов. Всё чаще встречаются символы или иконки, границы которых возникают только после наведения на них курсора. В этом плане более практичным и точным будет второй вариант, через непосредственные обращения к информационно-функциональным объектам ГПИ на уровне кода.

В настоящее время среди сервисов с аналогичной функциональностью доступны только те, которые используют алгоритмы тепловой карты. Эти программы применяются для оценки веб-сайтов [17, 18]. Они обладают ограниченными возможностями для поиска проблемных областей графического интерфейса и не учитывают пользовательские модели, как в предлагаемом алгоритме. Предлагаемый алгоритм позволяет изменять входные данные в зависимости от характеристик пользователя, таких как объем оперативной памяти, размер области четкого зрения, а также последовательность анализа взгляда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня разработка пользовательских моделей является неотъемлемой частью современного дизайна взаимодействия. В статье предложен подход к оценке

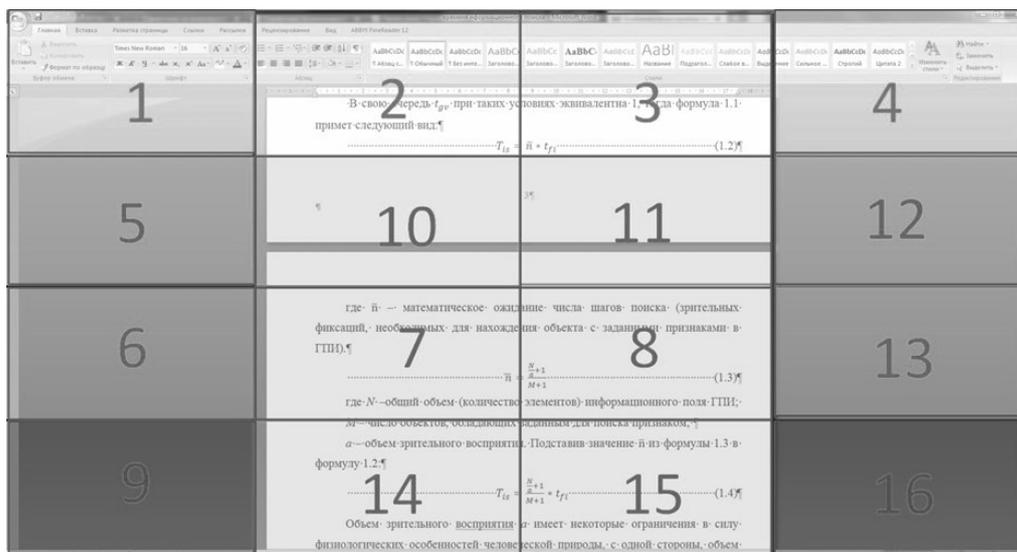


Рис. 4. Характеристическая карта результатов вычислений

графического интерфейса, основанный на расчете времени поиска элементов интерфейса и учете различных параметров пользователя. Разработанный алгоритм расчета времени поиска позволяет сравнить различные варианты построения графического интерфейса с точки зрения сложности поиска информации и сделать предположения о качестве различных аспектов интерфейса: сложности визуального восприятия, субъективной удовлетворенности, сложности овладения навыками работы с программным обеспечением, скорости работы программы. Алгоритм планируется реализовать в программных продуктах путем прямого доступа к информации и функциональным объектам, так как такой подход обладает более высокой точностью, чем использование возможностей машинного зрения. Разработка и исследование таких программных продуктов рассматривается как дальнейшее направление исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синещук Ю.И., Терехин С.Н. Роль и значение информационных технологий и систем в профессиональной деятельности сотрудников МЧС России // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2017. № 1. С. 119–127.
2. Engineering Psychology as a Humanities for Engineers. J. Jura, M. Cejnek, P. Trnka, M. Cahyna // Proc. Int. Conf. on Process Control (StrbskePleso). New York: IEEE, 2021. pp. 119–24. DOI: 10.1109/PC52310.2021.
3. Kotenko I., Sineshchuk Yu., Saenko I. Optimizing Secure Information Interaction in a Distributed Computing System by the Method of Sequential Concessions // Proceedings - 28th Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-Based Processing, PDP 2020, Vasteras, Sweden Conference Paper, March 2020. DOI: 10.1109/PDP50117.2020.00072.
4. BaiY-W., LinH-E., JauW-Ch. Design and Implementation of an Integrated Man-Machine Interface by Touch Panel for an Embedded Electronic Measurement System // Proc. Conf. Virtual Environments, Human-Computer Interfaces and Measurement Systems. Istanbul, New York: IEEE, 2008. pp. 31–36. DOI: 10.1109/VECCIMS.2008.4592748.
5. Вострых А.В. Сравнительный анализ методов оценки человеко-машинных интерфейсов // Сб. науч. ст. VIII междунар. науч.-техн. конф. «АПИНО2019». 2019. С. 179–184.
6. Cope A.J., Richmond P. A Graphical User Interface for the Creation of Layered Neural Models // Neuroinformatics. 2017. pp. 25–40. DOI:10.1007/s12021-016-9311-z.
7. Терехин С.Н., Вострых А.В., Семёнов А.В. Оценка ГПИ посредством алгоритма поиска последовательных шаблонов // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» 2020. № 2. С. 95–103.
8. Николаев Д.В., Вострых А.В., Проценко Т.В. Оценка специализированных программ расчёта безопасности ПОО // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 2. С. 11–17.
9. Blyzniuk M., Lobur M., Panchak T. Graphical User Interface of Fiesta-Software for Faults Identification and Estimation of Testability of VLSI Circuits // Proceedings of the symposium on contemporary computing in Ukraine, CCU 2015. pp. 127–136. DOI.org/10.1145/352491.352513.
10. Sharipbay A., Barlybayev A., Sabyrov T. Measure the Usability of Graphical User Interface // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2016. Т. 444. С. 1037–1045. DOI: 10.1007/978-3-319-31232-3_98.
11. Aggarwal D., Shingala A. Design and Development of User-Friendly Interface Environment for Accelerating Scientific Research Process: A Case Study for Nuclear Fusion Applications // Proceedings of the 7th International Conference on Computing for Sustainable Global Development, INDIACom 2020. 7. 2020. pp. 102–107. DOI: 10.23919/INDIACom49435.2020.9083729.
12. Душков Б.А., Королев А.В., Смирнов Б.А. Основы инженерной психологии. Учеб. для студентов вузов. М. : Академический Проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2002. 576 с.
13. Эргономика: принципы и рекомендации / ред. В.М. Мунипов. Издание 2-е, перераб. М. : Всесоюзный научно-исследовательский институт технической эстетики, 1983. 184 с.
14. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения. М. : Стандартинформ, 2008. 18 с.
15. ГОСТ Р 50948-2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности. М. : Стандартинформ, 2008. 16 с.
16. Нильсен Я. Веб-дизайн. Символ-Плюс. СПб., 2010. С. 497.
17. Viola P., Jones M. Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features // Proc. Conf. Computer Vision and Pattern Recognition (Kauai). Vol. 1. New York: IEEE, 2011. pp. 511–518. DOI: 10.1109/CVPR.2001.990517.
18. Bernet Y., McCarthy J.M. Report: The 630 Multitasking Graphics Terminal // AT&T Tech. J. 1987, iss. 66 (6). pp. 3–14. DOI: 10.1002/j.1538-7305.1987.tb00300.x.

REFERENCES

1. Sineshchuk Iu.I., Terekhin S.N. Rol i znachenie informatsionnykh tekhnologii i sistem v professionalnoi deiatelnosti sotrudnikov MChS Rossii [The Role and Importance of Information Technologies and Systems in the Professional Activities of Employees of Emercom of Russia]. *Problemy upravleniia riskami v tekhnosfere* [Problems of Technosphere Risk Management], 2017, no. 1, pp. 119–127.
2. Jura J., Cejnek M., Trnka P., Cahyna M. Engineering Psychology as a Humanities for Engineers. *Proc. Int. Conf. on Process Control (StrbskePleso)*. New York, IEEE, 2021, pp. 119–24. DOI: 10.1109/PC52310.2021.
3. Kotenko I., Sineshchuk Iu., Saenko I. Optimizing Secure Information Interaction in a Distributed Computing System

by the Method of Sequential Concessions. *Proceedings of the 28th Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-Based Processing*. PDP 2020, Vasteras, Sweden Conference Paper, March 2020. DOI: 10.1109/PDP50117.2020.00072.

4. Bai Y.-W., Lin H.-E., Jau W.-Ch. Design and Implementation of an Integrated Man-Machine Interface by Touch Panel for an Embedded Electronic Measurement System. *Proc. Conf. Virtual Environments, Human-Computer Interfaces and Measurement Systems*. Istanbul, New York, IEEE, 2008, pp. 31–36. DOI: 10.1109/VECIMS.2008.4592748.

5. Vostrykh A.V. Sravnitelnyi analiz metodov otsenki cheloveko-mashinnykh interfeisov [Comparative Analysis of Methods for Human-Machine Interface Evaluation]. *Sb. nauch. st. 8 mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. 'APINO-2019'* [Proc. of the 8th Int. Sci. and Tech. Conf. 'APINO-2019']. 2019, pp. 179–184.

6. Cope A.J., Richmond P. A Graphical User Interface for the Creation of Layered Neural Models. *Neuroinformatics*. 2017, pp. 25–40. DOI:10.1007/s12021-016-9311-z.

7. Terekhin S.N., Vostrykh A.V., Semenov A.V. Otsenka GPI posredstvom algoritma poiska posledovatelnykh shablonov [Estimation of Gui Using Sequential Pattern Search Algorithms]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MChS Rossii* [Magazine 'Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta GPS MChS Rossii'], 2020, no. 2, pp. 95–103.

8. Nikolaev D.V., Vostrykh A.V., Protsenko T.V. Otsenka spetsializirovannykh programm rascheta bezopasnosti POO [Evaluation of Specialized Programs for Calculating the Safety of Potentially Dangerous Objects]. *Problemy upravleniia riskami v tekhnosfere* [Problems of Technosphere Risk Management], 2020, no. 2, pp. 11–17.

9. Blyzniuk M., Lobur M., Panchak T. Graphical User Interface of Fiesta – Software for Faults Identification and Estimation of Testability of VLSI Circuits. *Proceedings of the Symposium on Contemporary Computing in Ukraine. CCU 2015*. pp. 127–136. DOI.org/10.1145/352491.352513

10. Sharipbay A., Barlybayev A., Sabyrov T. Measure the Usability of Graphical User Interface. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2016, iss. 444, pp. 1037–1045. DOI: 10.1007/978-3-319-31232-3_98.

11. Aggarwal D., Shingala A. Design and Development of User-Friendly Interface Environment for Accelerating Scientific Research Process: A Case Study for Nuclear Fusion Applications. *Proceedings of the 7th International Conference on Computing for Sustainable Global Development, INDIACom 2020*. 2020, pp. 102–107. DOI: 10.23919/INDIACom49435.2020.9083729.

12. Dushkov B.A., Korolev A.V., Smirnov B.A. *Osnovy inzhenernoi psikhologii*. Ucheb. dlia studentov vuzov [Elementary Engineers' Psychology. Tutorial for Universities]. Moscow, Akademicheskii Proekt Publ., Ekaterinburg, Delovaia Kniga Publ., 2002. 576 p.

13. *Ergonomika: printsipy i rekomendatsii*. Red. V.M. Munipov. Izd. 2-e, pererab. [Ergonomics: Principles and Recommendations. V.M. Munipov (ed.), 2nd edition revised]. Moscow, All-Union Institute for Scientific Research of Industrial Design Publ., 1983. 184 p.

14. GOST R 50923–96. *Displei. Rabochee mesto operatora. Obshchie ergonomicheskie trebovaniia i trebovaniya k proizvodstvennoi srede. Metody izmereniia* [State Standard 50923–96. Displays. Operator's Workplace. General Ergonomic Requirements and Environmental Requirements. Measuring Methods]. Moscow, Standartinform Publ., 2008. 18 p.

15. GOST R 50948–2001. *Sredstva otobrazheniia informatsii individualnogo polzovaniia. Obshchie ergonomicheskie trebovaniia i trebovaniia bezopasnosti* [State Standard 50948–2001. Display Means for Individual Use. General Ergonomic Requirements and Safety Requirements]. Moscow, Standartinform Publ., 2008. 16 p.

16. Nielsen J. *Veb-dizayn. Simvol-Plius* [Designing Web Usability: The Practice of Simplicity]. Saint-Petersburg, 2010. p. 497.

17. Viola P., Jones M. Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features. *Proc. Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*. New York, Kauai, IEEE, 2011, vol.1, pp. 511–518. DOI: 10.1109/CVPR.2001.990517.

18. Bernet Y., McCarthy J.M. Report: The 630 Multitasking Graphics Terminal. *AT&T Tech. J.*, 1987, iss. 66 (6), pp. 3–14. DOI: 10.1002/j.1538-7305.1987.tb00300.x.