

Научная статья

УДК 004.5

<https://doi.org/10.31854/1813-324X-2024-10-6-99-110>

Система статистического измерения атомарной эффективности графических элементов интерфейсов

 Курта Павел Андреевич, expert@kurta.ru

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Санкт-Петербург, 196105, Российская Федерация

Аннотация

Актуальность. В настоящее время качество интерфейсов зачастую имеет решающую роль в решении задач человеком с применением информационных сервисов. Для оценки интерфейсов ранее было введено понятие эффективности, состоящей из следующих показателей: результативности – условной меры количества ошибок при работе с информационной системой; оперативности – скорости работы пользователя с информационной системой для получения требуемого результата; ресурсоэкономности – степени психоэмоционального напряжения пользователя при вводе и обработке данных. Тем не менее, полученная ранее модель требует не только применения математического аппарата для определения таких показателей, но и знаний об атомарных (т. е. частных или обособленных) эффективностях графических элементов, связанных с особенностями взаимодействия с ними пользователя.

Целью настоящей статьи является повышение эффективности интерфейсов информационных сервисов, для чего требуется вычисление атомарных эффективностей отдельных графических элементов.

Сущность предлагаемого решения заключается в визуальной системе статистического измерения атомарных эффективностей шести графических элементов (текстового поля, выпадающего списка, классической и флаговой кнопки, двунаправленного счетчика и «ползунка») по результатам выполнения с их помощью различных заданий пользователями. Так, например, оперативность текстового поля по сравнению с выпадающим списком будет выше для коротких слов – поскольку их ввод с клавиатуры быстрее выбора из списка, но ниже для длинных предложений – в этом случае человеку быстрее выбрать нужное, чем обеспечивать корректный ввод. Принцип измерения эффективностей предложенной системой **основан** на последовательном выводе графических форм с различным типом (в ряде случаев – и количеством) элементов, указании заданий пользователю и измерению корректности и времени ввода данных. Для снижения субъективности в действиях применяются различные приемы, такие, как таймеры различной длительности. Для оценки психоэмоционального напряжения используется специальный опрос в конце групп тестов элементов. Система **имеет реализацию** в виде Web-сайта на языке PHP, отдельные Web-страницы которого и их интерпретация приведены в статье. **Эксперименты** с применением данной системы для 50 пользователей позволили получить искомые атомарные эффективности всех элементов.

Научная новизна решения состоит в возможности получения оценок эффективности элементов интерфейса полностью формальным способом, учитывающим только особенности взаимодействия с ними пользователей, а также специфику данных (размер, тип).

Теоретическая значимость состоит в расширении класса способов оценки эффективности графических интерфейсов, полученной через измерение характеристик составляющих его элементов.

Практическая значимость заключается в возможности непосредственного применения полученных графиков атомарных эффективностей для сравнения интерфейсов и их оптимизации.

Ключевые слова: интерфейс, графический элемент, эффективность, статистика, измерение, прототип, эксперимент

Ссылка для цитирования: Курта П.А. Система статистического измерения атомарной эффективности графических элементов интерфейсов // Труды учебных заведений связи. 2024. Т. 10. № 6. С. 99–110. DOI:10.31854/1813-324X-2024-10-6-99-110. EDN:VONRKD

Original research

<https://doi.org/10.31854/1813-324X-2024-10-6-99-110>

System for Statistical Measurement of Atomic Efficiency for Graphical Interface Elements

 Kurta Pavel A., expert@kurta.ru

Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia,
St. Petersburg, 190000, Russian Federation

Annotation

Relevance. Currently, the interfaces quality often plays a decisive role in solving problems by a person using information services. To evaluate interfaces, the efficiency concept was previously introduced, consisting of the following indicators: effectiveness – a conditional errors number measure when working with an information system; efficiency – the speed of the user's work with the information system to obtain the desired result; 3) resource efficiency – the degree of user psycho-emotional stress when entering and processing data. Nevertheless, the previously obtained model requires not only the mathematical apparatus usage to determine such indicators, but also knowledge of the graphic elements atomic (i.e. individual or isolated) efficiencies associated with the features of the user's interaction with them.

The article purpose is to improve the efficiency of information service interfaces, which requires calculating the individual graphic elements atomic efficiencies.

The proposed solution essence is the visual system for statistical measurement of the atomic efficiency for 6 graphic elements (text field, drop-down list, classic and checkbox button, bidirectional counter and "slider") based on the performing various tasks results by users with their help. For example, the text field efficiency compared to a drop-down list will be higher for short words – since their input from the keyboard is faster than selecting from the list, but lower for long sentences – since in this case it is faster for a person to select the desired one than to provide correct input. The measuring principle the efficiency by the proposed system is **based on** the sequential output of graphic forms with different types (and in some cases, quantities) of elements, indicating the task to the user and measuring the correctness and data entry duration. To reduce subjectivity in actions, various techniques are used, such as different duration timers. A special survey at the end of the element test groups is used to assess the psycho-emotional load. The system **has an implementation** as a Web site in PHP, individual Web pages of which and their interpretation are given in the article. **Experiments** with the use of this system for 50 users allowed us to obtain the desired all elements atomic efficiencies.

The scientific novelty of the solution lies in the obtaining possibility estimates of the interface elements efficiency in a completely formal way, taking into account only the features of user interaction with them, as well as the data specifics (size, type).

The theoretical significance lies in expanding the class of methods for assessing the graphical interfaces efficiency obtained through assessing the elements that make it up.

The practical significance lies in the possibility of directly using the obtained atomic efficiencies graphs to compare interfaces and optimize them.

Keywords: interface, graphic element, efficiency, statistics, measurement, prototype, experiment

For citation: Kurta P.A. System for Statistical Measurement of Atomic Efficiency for Graphical Interface Elements. *Proceedings of Telecommunication Universities*. 2024;10(6):99–110. (in Russ.) DOI:10.31854/1813-324X-2024-10-6-99-110. EDN:VONRKD

Введение

Информационные технологии (далее – ИТ) стали неотъемлемой частью современного мира, одним из предназначений которых является удовлетворение информационных потребностей общества. Так, например, для заказа и оплаты железнодорожных

билетов уже нет необходимости обращаться в кассы, а созданы и успешно эксплуатируются соответствующие программные терминалы; или же для поиска местоположения магазинов в торговых центрах есть необходимые электронные справочные. Таким образом, человек в современном обществе

окружен огромным количеством информационных потоков, взаимодействие с которыми (восприятие, обработка и генерация новых) уже стало необходимым условием существования. Это, в свою очередь, требует высокой эффективности от основных элементов, обеспечивающих такое взаимодействие, а именно – от интерфейсов (в данном случае, в первую очередь естественно понимаются текстовые и графические, а не программные) [1]. С другой стороны, разнородность решаемых информационных задач (например, управление беспилотными летательными аппаратами [2]), сложность проектирования соответствующих систем, а также недостаточная развитость и применение стандартов области приводят к тому, что интерфейсы взаимодействия человека с информационной системой (далее – ИС) создаются организациями с использованием собственных представлений (зачастую, сложившихся исторически или эмпирически) об их эффективности [3]. Таким образом, требуется научно-обоснованное определение эффективности интерфейсов взаимодействия, а также создание путей ее повышения – что является основной целью исследования автора (которое частично будет описано далее). В данной работе описывается один из этапов такого исследования, а именно определение измерения эффективности отдельных графических элементов интерфейса, названное *атомарной эффективностью*.

Результаты исследования

Поскольку текущий этап (притом не последний) является частью более крупного исследования, то кратко укажем как полученные ранее результаты, так и планируемые в будущем.

Предпосылки

Исследование современного состояния дел в области проектирования интерфейсов и их применения пользователями позволили построить общую схему такого взаимодействия, а также ряд возможных дефектов в таких системах (например, «Тупиковый путь сценария» или «Игнорирование ограниченный организм человека») [4]. Был выделен отдельный класс широко востребованных информационных сервисов, названных запросным и предназначенных для решения задач, инициируемых пользователем и основанных на вводимых им данных (например, поисковая ИС) [5].

Эффективность интерфейса

В результате дальнейшего анализа была предложена и введена эффективность интерфейса (*Efficiency*), состоящая из трех следующих компонент: 1) результативность (*Potency*) – условная мера количества ошибок, которые может допустить пользователь при работе с ИС; 2) оперативность (*Operativeness*) – скорость (как обратной времени) работы пользователя с ИС для получения требуе-

мого результата; 3) ресурсоэкономность (*Resource-Saving*) – степень психоэмоционального напряжения (далее – ПЭН) пользователя, которое было вызвано вследствие его нагрузки при вводе данных и обработке результатов [6].

Модель

Затем, используя предварительно полученные результаты, формализация взаимодействия с интерфейсом позволила описать единую эффективностную модель процесса, суть которой состояла в следующем [7]. Логика решения задач пользователя с помощью интерфейса является линейной – от пошагового ввода данных до вывода конечного результата. Весь интерфейс представляется как последовательность форм с размещенными на них графическими элементами для ввода и вывода данных; также выделены 4 следующих базовых класса элементов [8]: текстовое поле, выпадающий список, флаговая кнопка (т. е. «чекбокс») и двунаправленный счетчик (т. е. «спиннер»). Переходы между графическими формами осуществляются путем нажатия на соответствующий элемент-кнопку; последняя форма является завершающей логику решения задачи и не содержит кнопки. При этом все графические элементы и формы имеют собственную эффективность – атомарную, вносящую основной вклад в общую эффективность всего интерфейса. При этом для элементов атомарная эффективность определяется как их способностью по передаче данных человеку (в обе стороны), так и самими данными (по крайней мере, размером); так, например, использование выпадающего списка для ввода большого целого значения, очевидно, будет менее «удачным» решением с точки зрения оперативности работы, чем использование текстового поля (хотя в случае последнего может возрасти количество ошибок ввода – т. е. уменьшится результативность). Для графических форм их атомарная эффективность определяется количеством элементов на них, поскольку «перенасыщение» источниками и получателями информации может, некоторым образом, сказываться на работе с формой человека. Также атомарные эффективности элементов и форм должны корректироваться с учетом их дальности расположения в логике решения задачи таким информационным сервисом, т. к. работа пользователя с поздними элементами будет чуть более затрудненной, чем с первичными (хотя бы из-за небольшого роста ПЭН). И хотя описанная модель позволяет теоретически оценивать эффективность всего интерфейса полностью формальным способом, тем не менее для практического применения требуется получение конкретных значений атомарных эффективностей всех основных классов элементов и форм, а также определение влияния на нее их положения в логике сервиса. При этом уже сейчас можно предположить, что все ато-

марные эффективности будут представлять не конкретные числа, а некоторые аналитические зависимости от особенностей вводимых и выводимых данных; по крайней мере, от их размера. Также основное влияние на общую эффективность интерфейса будут иметь именно эффективности элементов, как основных точек взаимодействия человека с данными ИС.

Система статистического измерения

Для определения атомарных эффективностей графических элементов была построена соответствующая система статистического измерения (далее – Система), описанию и экспериментам с которой и посвящен текущий исследовательский этап (и, соответственно, статья).

Метод оптимизации

Получение всех атомарных эффективностей (элементов, форм), а также формул для их корректировки с учетом положения в логике решения задачи позволит оценивать любой интерфейс взаимодействия пользователя с информационным сервисом запросного типа, что, хотя и можно считать важным научно-практическим результатом, но оно, однако, не позволит решить основную цель исследования – улучшить сами интерфейсы путем повышения их интегральной эффективности (как уже для созданных, так и еще проектируемых). Для этого потребуется оптимизация архитектуры интерфейса – как совокупности форм и расположения элементов на них. Для этого требуется создание соответствующих методов оптимизации, используемых в качестве целевой функции эффективностной модели (т. е. результаты ее применения), максимизацию которой необходимо обеспечить. Исходя из сути задачи, подходящими методами можно считать комбинаторные, для реализации которых (не без оснований следуя современным трендам развития ИТ-области) может быть применен искусственный интеллект в части генетических или подобных им алгоритмов [9].

Обзор работ

Проведем далее общий обзор работ, посвященных существующим решениям (теоретическим и практическим) по оценке характеристик графических элементов.

Фундаментальная монография [10] посвящена оценке визуальной составляющей графических элементов, к которой, в частности, относятся используемые цвета, композиция, информативность и персонализация. Также одним из авторов монографии в [11] качественно оценивается применимость различных методов и метрик к различным показателям эффективности эргономической эстетики интерфейса.

В [12] предлагается методика оценки качества интерфейсов с позиции оперативности (относи-

тельно элементарных и целевых операций) на примере пунктов централизованной охраны. В частности, интерфейс автоматизированного рабочего места делится на множество экранных форм, предназначенных для решения определенной задачи; каждая же форма состоит из набора графических элементов.

В статье [13] оценку удобства интерфейсов предлагается производить одним из следующих методов: опросный, экспертный, аналитический и экспериментальный; для каждого из которых указаны преимущества и недостатки.

Исследователи в [14] предлагают оценивать психоэмоциональное состояние (очевидно, коррелирующее с ПЭН) пользователя путем непосредственного внедрения соответствующего модуля в сам интерфейс. Источником состояния в данном случае будет изображение лица пользователя с камеры (например, на телефоне), эмоция которого затем будет программно распознаваться.

В работе [15] для оценки интерфейса предлагается использовать искусственную нейронную сеть (далее – ИНС) и метод анализа иерархий (далее – МАИ), основанные на субъективных ожиданиях пользователя. Для этого, в том числе, требуется подбор эталонных субъектов проверки (т. е. «валидаторов» данных) и выделение индексов оценки (например, согласование цветов, удобство ввода, частота системных ошибок и время отклика). Показано, что результаты работы ИНС согласуются с аналогичными результатами, полученными с помощью МАИ.

Как показал краткий, но показательный обзор работ, приводимые в них решения обладают, как правило, высокой степенью субъективности при оценке характеристик интерфейсов. При этом, практически отсутствуют модели, обладающие достаточной адекватностью (т. е. соответствием реальному объекту моделирования – интерфейсу). С этой позиции, хотя описанная ранее авторская модель также и содержит субъективные элементы (атомарную эффективность и ее корректировки), тем не менее, последние могут быть получены лишь один раз, а затем использоваться как справочный материал, отражающий особенности взаимодействия человека с теми или иными частями графического интерфейса.

Описание системы

Дадим описание основной идеи и реализации разработанной Системы.

Идея

Основная идея Системы заключается в измерении заданных характеристик действий пользователей с интерфейсными элементами. По результатам измерений будут вычислены показатели атомарной эффективности элементов: 1) результативности – путем подсчета количества сделанных при вводе

ошибок; 2) оперативности – обратной времени, затраченного пользователем; 3) ресурсоэкономности – субъективной оценке пользователя касательно сложности выполнения действий.

Архитектура

Программная реализация Системы представляет собой Web-сайт с последовательностью страниц, на каждой из которой пользователю описывается задание для ввода данных (числовых и текстовых), а также предоставляется для этого один из нескольких следующих классов элементов интерфейса: четырех упомянутых ранее и двух дополнительных – классической кнопки и «ползунка». Выполнение действий осуществляется в различных условиях и ограничениях, задаваемых количеством элементов, объемом выводимых данных, допустимым временем работы и т. п. По мере выполнения заданий на каждой странице Система измеряет все необходимые характеристики пройденных тестов, записывая результат в базу данных. Также в начале работы пользователь указывает данные о себе, позволяющие вычислять атомарные эффективности для разных возрастных групп и сфер деятельности.

Группы тестов

Основные группы тестов (определяемые Web-формами на визуальных страницах Системы и, соответственно, сохраняемыми в базе данных результатами) состоят из тестирования:

- ввода текста и чисел в текстовое поле;
- выбора текста и чисел в выпадающем списке;
- ввода текста и чисел с помощью флаговой кнопки;
- ввода текста и чисел с помощью классической кнопки;
- выбора числа с помощью двунаправленного счетчика;
- выбора числа с помощью «ползунка».

Таким образом, общее число групп тестов для различных графических элементов и типов данных составило 10 (а не $6 \times 2 = 12$, поскольку двунаправленный счетчик и ползунок позволяют вводить только числа).

В первой паре групп тестов длина данных увеличивалась от 1 символа до 10. Во второй паре групп тестов менялось количество кнопок на форме, затрудняя тем самым ввод пользователю. В третьей, последней, паре групп тестов оценивался ввод только чисел, задаваемых диапазоном от 1 до максимального значения, поддерживаемого элементом. Оценка ПЭН осуществлялась субъективной пользователем через соответствующую форму Системы.

Примеры Web-страниц

Примеры отображаемых форм для ввода числовых и текстовых значений, наглядно демонстрирующие принцип функционирования разработанной Системы, представлены далее.

На рисунке 1 пользователю предлагается ввод в текстовое поле английской комбинации букв «idgq»; соответственно, после ввода значения и нажатия кнопки «Далее» будет посчитано одно из статистических значений атомарной эффективности элемента текстового поля – исходя из того, верное ли значение ввел пользователь, и сколько он затратил на это время. В такой схеме расчета присутствует очевидная проблема, заключающаяся в том, что любой человек, скорее всего, потратит все доступное время на обеспечение корректности ввода; как следствие, результативность элемента будет высчитываться всегда максимальной – в ущерб оперативности. Поэтому для недопущения такого эффекта «чрезмерной ответственности» форма имеет таймер времени, уменьшение которого до 0 секунд будет означать ошибку ввода (т. е. резкое снижение результативности). Такое ограничение, в свою очередь, «подстегнет» пользователя укладываться в отведенное для ввода время и позволит более адекватно оценивать эти показатели эффективности. У данной формы есть несколько вариаций, заключающихся в постепенном увеличении длины текста для ввода и уменьшении отводимого для этого времени, что позволит собрать больший объем статистических данных касательно эффективности текстового поля в различных условиях функционирования. Также присутствует кнопка «Пауза» для приостановки тестирования; при этом текущая форма пропадает, не давая тем самым пользователю выбрать нужный вариант текста при остановленном счетчике времени выполнения задания – т. е. не допуская «обмана» Системы. Уменьшающийся таймер времени, как и кнопка приостановки, присутствуют на каждой из форм ввода и далее указываться не будут.

До перехода след. вопрос 10 сек.

Рис. 1. Пример формы для оценки атомарной эффективности текстового поля (с таймером времени и кнопкой приостановки)

Fig. 1. Example of a Form for Evaluating the Text Field Atomic Efficiency (with Timer and Pause Button)

Данный элемент (т. е. текстовое поле), по сути, можно считать первым появившимся в интерфейсах, поскольку под ним условно понимается любая командная строка (или консоль) большинства Unix-подобных операционных систем.

На рисунке 2 от пользователя требуется выбор определенного текстового значения из выпадающего списка.

Рис. 2. Пример части формы для оценки атомарной эффективности выпадающего списка

Fig. 2. Example of the Form Part for Evaluating the Drop-Down List Atomic Efficiency

Уже сейчас можно предположить, что использование данного интерфейсного элемента будет более предпочтительным для небольшого количества текстовых строк большой длины; в ином случае (много текстовых строк малой длины, например, выбор инициалов) большей результативностью и оперативностью будет обладать классический ввод в текстовом поле.

Немного иной подход был применен для вычисления атомарной эффективности элемента-кнопки (рисунок 3). Для этого на форме в случайном порядке размещалось определенное количество кнопок с текстовыми метками, одна из которых являлась целевой – нажатие на нее считалось верным выполнением текущего задания.

Рис. 3. Пример части формы для оценки атомарной эффективности кнопок

Fig. 3. Example of the Form Part for Evaluating the Buttons Atomic Efficiency

Естественно, в случае одной кнопки, ее результативность и оперативность вычислялись, как макси-

мальная (поскольку от пользователя требовалось лишь нажать на единственный элемент на форме). Однако при увеличении количества кнопок пользователь начинал затрачивать время на поиск нужной кнопки, имея при этом некоторый шанс ошибиться – атомарная эффективность начинала приобретать нетривиальный характер.

Аналогичным образом осуществляется статистическая оценка атомарной эффективности флаговой кнопки, что показано на рисунке 4.

Рис. 4. Пример части формы для оценки атомарной эффективности флаговой кнопки

Fig. 4. Example of the Form Part for Evaluating the Checkbox Atomic Efficiency

Пользователю также необходимо (естественно, как и ранее, в отведенное время) выбрать элемент с заданной текстовой меткой.

Тестирование ввода числовых данных осуществляется полностью аналогичным образом, что представлено на рисунке 5.

Рис. 5. Пример части формы для оценки атомарной эффективности а) текстового поля и б) выпадающего списка

Fig. 5. Example of the Form Part for Evaluating the Atomic Efficiency of a Text Field (a) and a Drop-Down List (b)

Длина данных, которые требовалось ввести на различных формах, составляла от 1 до 10, что охватывает достаточно большой спектр возможных задач, решаемых с помощью информационных сервисов запросного типа (например, поиск человека по фамилии и дате рождения).

Также в начале тестирования у пользователя запрашивался его возраст с помощью следующих градаций:

- детство (менее 10 лет);
- отрочество (10–16 лет);
- юность (17 лет – 24 года);

- молодость (25 лет – 44 года);
- зрелость (45–60 лет);
- старость (более 60 лет).

Естественно, хотя возрастные группы и были выбраны условно, тем не менее, они отражают основные этапы становления человека, качественно влияющие и на его способности к работе с интерфейсами.

За формой с возрастом пользователя следовал ввод сферы деятельности из следующего списка: «Бизнес», «Научная», «Творческая», «Военная», «Государственная», «Другая» (в том числе обучающаяся). Такие данные о пользователе позволяют не просто определить атомарные эффективности всех элементов, но и персонифицировать для соответствующих возрастных и деятельностных групп. Данное разделение эффективностей обосновывается тем, что по мере взросления и, исходя из специфики повседневной деятельности, адаптированность

пользователей к взаимодействию с интерфейсами гипотетически должна меняться (что многократно можно наблюдать в повседневной жизни). Например, молодое поколение более оперативно взаимодействует с формами, перегруженными информационными элементами, чем зрелое, а сотрудники творческой сферы могут допускать ошибки с теми элементами, где ценящие точность люди бизнеса будут максимально аккуратны.

В конце этапов тестирования на различных элементах проводился опрос пользователя касательно его ПЭН в виде указания степени усталости по 5-балльной системе (от «не устал» до «очень устал»).

Представление результатов

Пример результирующих характеристик пройденных тестов одного пользователя, сохраненных в базе данных Системы, представлен на рисунке 6 (имя, фамилия, возраст и сфера деятельности были преднамеренно скрыты).

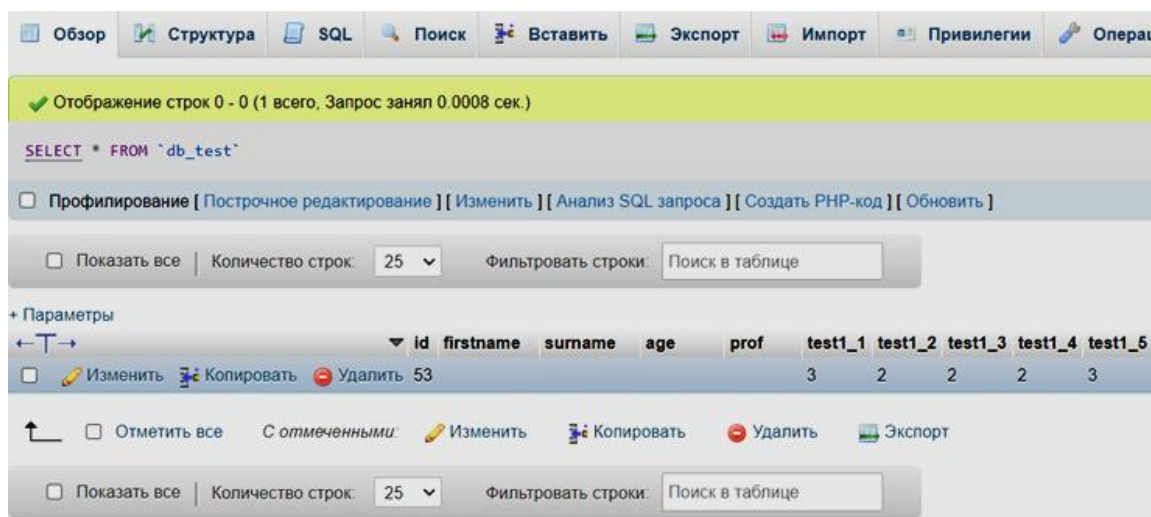


Рис. 6. Пример характеристик пройденных тестов пользователем в базе данных

Fig. 6. Example of the Tests Characteristics Passed by a User in the Database

Результат прохождения каждой формы записывался в виде числового значения (см. рисунок 6) со следующей интерпретацией:

- 0 – была допущена ошибка при вводе;
- 1 – окончилось время ввода (т. е. таймер дошел до 0 ранее, чем пользователь нажал кнопку «Далее»);
- положительное число – время (в секундах), затраченное пользователем на ввод данных.

Эксперимент

Входные данные

В качестве фокус-группы, на которой проводилось тестирование Системой, было отобрано 50 студентов из Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (СПбГУТ), обучающихся на бакалавриате с разных факультетов, не знакомых друг с другом и

имеющих различные средние оценки по успеваемости. Таким образом, была обеспечена достаточно разнородная выборка пользователей оцениваемых интерфейсных элементов Системы, относящаяся к возрастной группе «Юность» и сферы деятельности «Другая».

Таблица с результатами

Часть результирующих числовых значений, измененных Системой и сведенных в Excel-таблицу, приведены на рисунке 7 в виде тепловой карты; используются следующие цвета:

- темно-красный (для значения «–1»; т. е. нехватки времени);
- светло-красный (для значения «0»; т. е. ошибки при вводе данных);
- зеленый (для значений больше или равных 1; т. е. время выполнения задания в секундах).

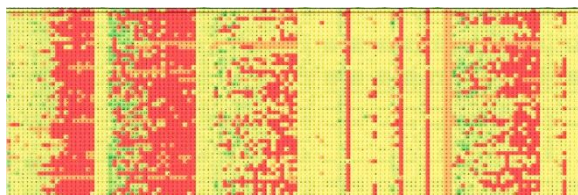


Рис. 7. Тепловая карта результатов измерения атомарных эффективностей графических элементов

Fig. 7. Heat Map of the Measuring Results for Graphic Elements Atomic Efficiencies

Тепловая карта результатов (см. рисунок 7) достаточно хорошо отражает закономерности при выполнении заданий всеми участниками эксперимента – периодически появляющиеся красные вертикальные волны соответствуют вариантам тестов с малым значением таймера времени на его выполнение, что приводит к практически невозможному завершению задания пользователями. Также, как можно видеть, аномалии в результатах наблюдаются крайне редко; например, полностью светлыми или темно-красными линии, означающие «нечестность» прохождения заданий, для случаев, когда пользователь или долгое время не осуществлял действий (заканчивалось время) или выбирал первое попавшееся решение (результат был всегда неверным). Таким образом, по крайней мере, визуально, статистически собранную информацию можно считать корректной.

Обработка результатов

В результате обработки части результатов (для этого, в частности, выбирался ввод данных длиной от 1 до 10 символов) была получена возможность построения зависимости показателей атомарной эффективности каждого элемента от параметров обрабатываемых данных с использованием статистических данных касательно работы с ним пользователя, представленная затем в виде соответствующего графика.

Приведем формулы расчета всех показателей эффективности с учетом текущей реализации Системы. Также отметим, что под размером данных (которые было необходимо ввести пользователю) в Системе понимаются различные значения, зависящие от тестируемого элемента: для текстового поля – длина строки, для выпадающего списка – количество его элементов, для флаговой кнопки и классической кнопки – их количество на экране, для двунаправленного счетчика и «ползунка» – количество задаваемых с помощью их значений.

Далее в аналитических записях тип данных и их размер будем указывать с помощью двух верхних индексов:

$$\left\{ \begin{array}{l} Type \in \{Text, Integer\} \\ Length \in [1 \dots 10] \end{array} \right\},$$

где *Text* и *Integer* – указание типа данных, как текстовый и числовой, соответственно.

Значения всех показателей для тестов с различными значениями таймеров усреднялись и для упрощения записи дальше будут указываться в итоговом виде.

Показатель оперативности вычислялся по следующей формуле:

$$\left\{ \begin{array}{l} Operativeness^{Type,Length} = \frac{1}{Time^{Type,Length}} \\ Time^{Type,Length} = \frac{\sum_i Time_i^{Type,Length}}{N} \end{array} \right.,$$

где $Time^{Type,Length}$ – среднее время (в секундах) выполнения действий пользователя по вводу данных типа *Type* и длины *Length*; $Time_i^{Type,Length}$ – аналогичное время ввода *i*-м пользователем; *N* – количество всех пользователей.

Таким образом, показатель оперативности представляет собой усредненную скорость работы с элементом для всех пользователей.

Показатель ресурсоэкономности вычислялся по следующей формуле:

$$\left\{ \begin{array}{l} ResourceSaving^{Type,Length} = \frac{5 - Feeling^{Type,Length}}{4} \\ Feeling^{Type,Length} = \frac{\sum_i Feeling_i^{Type,Length}}{N} \\ Feeling_i^{Type,Length} \in [1 \dots 5] \end{array} \right.,$$

где $Feeling^{Type,Length}$ – средняя субъективная оценка ПЭН (в баллах от 1 для «не устал» до 5 для «очень устал»), данная пользователем после выполнения действий по вводу данных типа *Type* и длины *Length*; $Feeling_i^{Type,Length}$ – аналогичная оценка ПЭН, данная *i*-м пользователем.

Таким образом, показатель ресурсоэкономности представляет собой усредненную оценку ПЭН для всех пользователей.

Вычисление средней результативности элемента представляет собой более сложную задачу, частично решаемую следующим образом. Введение таймеров на формах позволяет определить для каждого элемента, насколько тот подходит для корректного ввода данных в условиях ограниченного времени. При этом возможны три следующих качественно разных исхода тестирования:

- 1) пользователь уложился в имеющееся время и ввел корректно данные;
- 2) пользователь уложился в имеющееся время, но данные были введены некорректно;
- 3) пользователь не уложился в имеющееся время.

По результатам этих исходов для выборки пользователей можно будет построить график доли верно введенных данных в зависимости от времени таймера, пример которого представлен на рисунке 8.

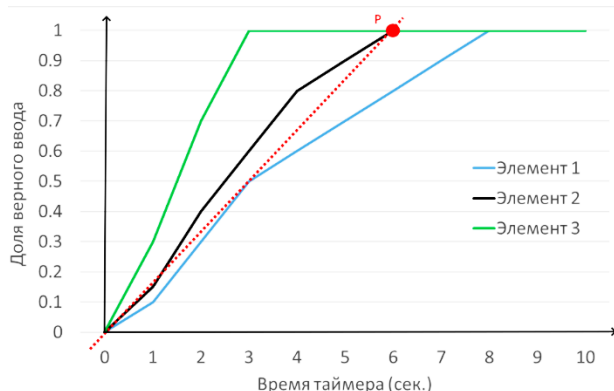


Рис. 8. Пример зависимости доли верно введенных данных от времени таймера

Fig. 8. Example of the Proportion of Correctly Entered Data on the Timer Time Dependence

Согласно графику (см. рисунок 8), производилась оценка результативности трех элементов; при этом для времени таймера более 8 секунд все они давали возможность пользователям вводить данные корректно – значение по оси ординаты равно 1. При уменьшении таймера вначале стала уменьшаться доля верно введенных данных для Элемента 1 (начиная с 8-й секунды), затем для Элемента 2 (начиная с 6-й секунды) и Элемента 3 (начиная с 3-й секунды). Таким образом, результативность Элемента 1 может считаться выше результативности Элемента 2, а затем и Элемента 3, что определяется статистической возможностью их использования для безошибочного ввода данных. Конкретные же значения результативности (естественно, в промежутке $[0...1]$) могут быть получены, исходя из угла наклона прямой на графике, проходящей через две точки – начало отсчета и пересечение графика с горизонтальной прямой для доли верного ответа, равного максимальной (т. е. одному); такая касательная на рисунке 8 для Элемента 2 проведена красным пунктиром, а сама точка пересечения указана как «P». Отметим, что другим вариантом вычисления может быть линейный тренд, также выходящий из точки «(0,0)», но учитывающий (а точнее, усредняющий) все имеющиеся значения, по которым был построен график; или же, могут использоваться более сложные аппроксимации (например, полиномами высоких степеней). Такая интерпретация результативности элемента в некотором смысле определяется максимальной скоростью работы с ним, при котором всегда обеспечивается корректный ввод.

Итоговая формула вычисления результативности имеет следующий вид:

$$\begin{cases} Potency^{Type,Length} = \frac{1}{Px^{Type,Length}} \\ Px^{Type,Length} = \frac{\sum_i Px_i^{Type,Length}}{N} \end{cases},$$

где $Px^{Type,Length}$ – проекция координаты точки «P» для графика (см. рисунок 8), построенного по результатам выполнения действий пользователя по вводу данных типа *Type* и длины *Length*; $Px_i^{Type,Length}$ – аналогичная проекция точки для ввода *i*-м пользователем.

Таким образом, показатель результативности представляет собой некоторую меру того, насколько элемент позволяет корректно вводить данные при ограниченном времени. Суть данного расчета можно пояснить на двух следующих пограничных случаях. Во-первых, если элемент является условно «идеальным» (например, единственная кнопка на всю форму), позволяющим корректно вводить данные даже за минимально возможное время, то его график будет представлять горизонтальный луч из точки 1 по оси ординаты. Таким образом, проекция $Px^{Type,Length}$ будет равна 0, а сама результативность $Potency^{Type,Length} = 1$ (т. е. максимально возможной). Во-вторых, для противоположного случая, если элемент является «абсолютно неидеальным» (например, генератор случайного текста), т. е. в принципе всегда приводящим к неверному вводу, то его график будет представлять горизонтальный луч, выходящий из точки 0 по оси ординаты. Таким образом, проекция $Px^{Type,Length}$ будет стремиться к бесконечности, а сама результативность $Potency^{Type,Length}$ будет близка к 0 (т. е. минимально возможной).

Результаты

В результате применения Системой для выборки из 50 пользователей были собраны статистические данные, необходимые для определения атомарных эффективностей графических элементов. Итоговые значения для текстового поля и выпадающего списка, используемых при вводе текстовых строк различной длины (от 1 до 10 символов), полученные согласно приведенным ранее формулам, представлены на рисунке 9. Оценка ПЭН осуществлялась субъективно пользователем через соответствующую форму Системы, открывающуюся после ввода данных длиной 1, 5 и 10 символов. Соответственно, график показателя ресурсоэкономности строился по трем точкам и поэтому указан с помощью аппроксимации (полиномом второй степени) пунктирной линией; в частности, из-за этого график для выпадающего списка (см. рисунок 9b) выходит в область отрицательных чисел, что практического смысла не имеет, а обосновывается погрешностью аппроксимации.

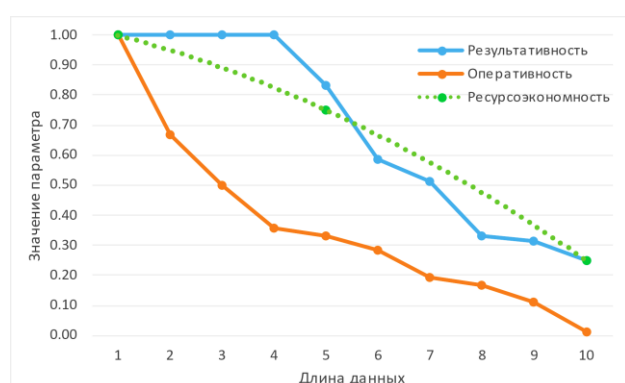
Проведем анализ графиков зависимости атомарных эффективностей от размера вводимых данных (см. рисунок 9). Во-первых, как и следовало ожидать, результативность ввода в текстовое поле превышает аналогичный показатель для выпадаю-

щего списка только до длины ввода в 7 символов, затем же ситуация меняется на противоположную. Такую закономерность можно объяснить тем, что небольшие текстовые строки безошибочно вводятся с клавиатуры (естественно, в условиях ограничения времени таймером), а затем – данная корректность начинает обеспечиваться выбором конкретных строк из списка.

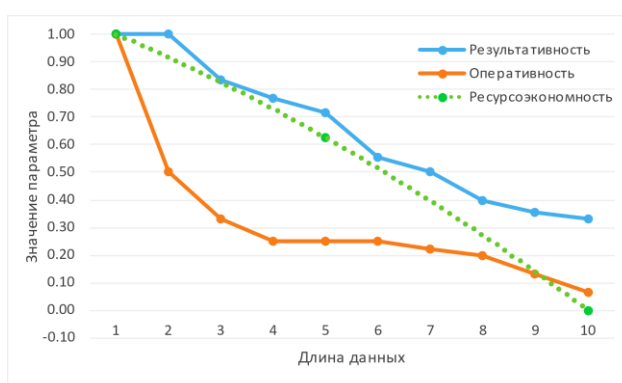
Во-вторых, оперативность ввода в текстовое поле опережает аналогичный показатель для выпадающего списка при малой длине данных – до 6 символов; затем ситуация также меняется на противоположную. Объяснение этому аналогично соотношению показателей результативности этих

элементов – вводить быстрее короткие слова, а выбирать из списка – длинные строки.

В-третьих, ПЭН для двух рассмотренных элементов при небольших размерах данных – практически одинаковые (примерно для 1–2 символов), затем ПЭН для выпадающего списка начинает существенно увеличиваться – показатель ресурсоэкономности у тактового поля оказывается выше. Объяснение этого также закономерно и связано с необходимостью пользователя в случае выпадающего списка выполнять ряд дополнительных более «тяжелых» действий – пролистывание списка и поиск нужных данных.



а)



б)

Рис. 9. Графики атомарных эффективностей графических элементов интерфейсов для текстового поля (а) и выпадающего списка (б)

Fig. 9. Graphs of the Graphical Interface Elements Atomic Efficiencies for Text Field (a) and Drop-Down List (b)

Заключение

Работа представляет собой один из этапов исследования автора и заключается в описании и применении разработанной Системы для статистической оценки эффективностей различных интерфейсных элементов. Принцип такого измерения состоит в определении количества ошибок, времени работы и психоэмоционального напряжения пользователя в процессе выполнения ряда заданий по вводу данных с помощью Web-интерфейса. Для снижения влияния субъективного фактора на результаты применяется ряд приемов, один из которых состоит в наличии таймера времени.

Основным результатом представленной работы является как сама Система, включающая архитектуру и способы перевода статистически измеренных характеристик работы пользователей в абсолютные значения показателей эффективности, так и конкретные зависимости последних от размера вводимых данных.

На данный момент решения, подобные предложенному, в которых бы удалось не только определить само понятие эффективности элементов интерфейса, но и предложить в достаточной степени

формальный (т. е. без участия экспертов) способ ее вычисления, являются достаточно редкими. Впрочем, значение ресурсоэкономности (как ПЭН) получается на основании субъективных ощущений тестируемого, а переход в данном случае на более объективные способы оценки требует проведения некоторых дополнительных научных изысканий.

Также можно предположить значимость полученных результатов для достаточно широкого спектра задач иного рода. Например, Система способна определять предельные значения эффективности существующих и разрабатываемых графических элементов для разных режимов работы с ними, что в конечном итоге позволит создавать качественно новые решения в предметной области. Тестирование же пользователей позволит отбирать среди них наиболее подходящих для работы с интерфейсом конкретной ИС.

Продолжением работы будет следующий этап исследования (согласно разработанной ранее методологии [16]), заключающийся в создании метода оптимизации интерфейса, использующего разработанную на предыдущих этапах эффективностную модель и полученные атомарные эффективности.

Список источников

1. Мадаев С.М., Алихаджиев С.Х. Хронология развития интерфейсов, сравнение скорости выполнения задач на разных интерфейсах // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 110-17. С. 141–144. DOI:10.18411/trnio-06-2024-952. EDN:EMOIHW
2. Доброквашина А.С. К вопросу разработки графических интерфейсов для управления БЛА // Вестник РГТУ. Серия: Информатика. Информационная безопасность. Математика. 2024. № 1. С. 8–20. DOI:10.28995/2686-679X-2024-1-8-20. EDN:ICGDBU
3. Буйневич М.В., Покусов В.В., Израйлов К.Е. Способ визуализации модулей системы обеспечения информационной безопасности // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2018. № 3. С. 81–91. EDN:YKWABF
4. Курта П.А. Взаимодействие пользователя с информационной системой. Часть 1. Схема взаимодействия и классификация недостатков // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2020. № 8-9. С. 35–45. EDN:VLVMXL
5. Курта П.А., Буйневич М.В. Онтологическая модель взаимодействия пользователя с информационной системой в рамках получения услуги информационного сервиса // Вестник кибернетики. 2021. № 2(42). С. 17–23. DOI:10.34822/1999-7604-2021-2-17-23. EDN:HSVLM I
6. Логвинов Ю.И., Горбунова Е.А., Карпова Е.В. Снижение психоэмоционального напряжения и использованием авторской методики тор (техника оптимальной ресоциализации) // Виртуальные технологии в медицине. 2020. № 1(23). С. 33–35. DOI:10.46594/2687-0037_2020_1_33. EDN:DTSOPS
7. Курта П.А. Эффективная модель интерфейса взаимодействия пользователя с информационным сервисом запросного типа // Труды учебных заведений связи. 2023. Т. 9. № 6. С. 102–115. DOI:10.31854/1813-324X-2023-9-6-102-115. EDN:NAEEUM
8. Горина Е.В., Чебыкин К.А. Влияние элементов пользовательского интерфейса на эффективность Web-ресурса // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2021. № 3. С. 57–61. EDN:WBLVOR
9. Израйлов К.Е. Концепция генетической декомпиляции машинного кода телекоммуникационных устройств // Труды учебных заведений связи. 2021. Т. 7. № 4. С. 95–109. DOI:10.31854/1813-324X-2021-7-4-95-109. EDN:AIOFPM
10. Буйневич М.В., Вострых А.В. Методы оценки графических пользовательских интерфейсов. Визуальная составляющая. СПб.: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, 2024. 340 с. EDN:EAFJIG
11. Вострых А.В. Алгоритм оценки эффективности эргономической эстетики графических пользовательских интерфейсов // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2024. Т. 17. № 7. С. 51–61. DOI:10.32603/2071-8985-2024-17-7-51-61. EDN:NHQZFM
12. Морозов А.Н., Зарубин В.С., Гришин С.А. К вопросу оценки качества пользовательского интерфейса АРМ пунктов централизованной охраны // Вестник Воронежского института МВД России. 2019. № 1. С. 45–50. EDN:ZAQCKT
13. Каднова А.М. К вопросу оценки удобства пользовательских интерфейсов программных систем защиты информации // Общественная безопасность, законность и правопорядок в III тысячелетии. 2020. № 6-2. С. 232–235. EDN:OBCCGG
14. Кочкин А.А., Калашников С.Н., Красноперов С.Ю. Когнитивно-параметрическая оценка информационного потока пользовательского интерфейса // Электронный научный журнал. 2015. № 3(3). С. 67–72. DOI:10.18534/enj.2015.03.67. EDN:VKHDOJ
15. Shengyuan Y., Xiaoyang Y., Hongguo Z., Zhijian Z., Minjun P., Shanling W. Research of Software User Interface Evaluation Method based on Subjective Expectation // Proceedings of the International Conference on Mechatronics and Automation (Harbin, China, 05–08 August 2007). IEEE, 2007. PP. 3190–3195. DOI:10.1109/ICMA.2007.4304072
16. Буйневич М.В., Курта П.А. Методология исследования метода оптимизации информационного взаимодействия в аспекте решения задачи пользователя // Информационные технологии и телекоммуникации. 2019. Т. 7. № 4. С. 50–58. DOI:10.31854/2307-1303-2019-7-4-50-58. EDN:LULASM

References

1. Madayev S.M., Alikhadzhiev S.H. Chronology of Interfaces Development, Comparison of Task Execution Speed on Different Interfaces. *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2024;110-17:141–144. (in Russ.) DOI:10.18411/trnio-06-2024-952. EDN:EMOIHW
2. Dobrokvashina A.S. Development and Testing of the Graphical User Interfaces for UAV. *RSUH/RGGU Bulletin. "Information Science. Information Security. Mathematics"*. 2024;1:8–20. (in Russ.) DOI:10.28995/2686-679X-2024-1-8-20. EDN:ICGDBU
3. Buinevich M.V., Pokusov V.V., Izrailov K.E. Method of Visualizing the Modules of the Information Security System. *Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia*. 2018;3:81–91. (in Russ.) EDN:YKWABF
4. Kurta P.A. Interaction of the User with the Information System. Part 1. Scheme of Interaction and Classification of Disadvantages. *Proceedings of Saint Petersburg Electrotechnical University*. 2020;8-9:35–45. (in Russ.) EDN:VLVMXL
5. Kurta P.A., Buinevich M.V. Ontological Model of User Interaction for the Purpose of Receiving Information Service. *Proceedings in Cybernetics*. 2021;2(42):17–23. (in Russ.) DOI:10.34822/1999-7604-2021-2-17-23. EDN:HSVLM I

6. Logvinov Yu.I., Gorbunova E.A., Karpova E.V. Reduce Emotional Stress and the Use of the Author's Technique Tor (The Optimal Technique of Re-Socialization). *Virtual Technologies in Medicine*. 2020;1(23):33–35. (in Russ.) DOI: 10.46594/2687-0037_2020_1_33. EDN:DTSOPS
7. Kurta P. An Efficient Interface Model of User Interaction with a Query-Type Information Service. *Proceedings of Telecommunication Universities*. 2023;9(6):102–115. (in Russ.) DOI:10.31854/1813-324X-2023-9-6-102-115. EDN:NAEEUM
8. Gorina E.V., Chebykin K.A. Influence of User Interface Elements on the Efficiency of the Web-Resource. *Vestnik molodyh uchenykh Sankt-Petersburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna*. 2021;3:57–61. (in Russ.) EDN:WBLVOR
9. Izrailov K. The Genetic Decompilation Concept of the Telecommunication Devices Machine Code. *Proceedings of Telecommunication Universities*. 2021;7(4):95–109. (in Russ.) DOI:10.31854/1813-324X-2021-7-4-95-109. EDN:AIOFPM
10. Buinevich M.V., Vostrykh A.V. *Methods for Evaluating Graphical User Interfaces. Visual Component*. St. Petersburg: Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia Publ.; 2024. 340 p. (in Russ.) EDN:EAFJIG
11. Vostrykh A.V. Algorithm for Evaluating the Effectiveness of the Ergonomic Aesthetics of Graphical User Interfaces. *Proceedings of Saint Petersburg Electrotechnical University*. 2024;17(7):51–61. (in Russ.) DOI:10.32603/2071-8985-2024-17-7-51-61. EDN:NHQZFM
12. Morozov A.N., Zarubin V.S., Grishin S.A. To the Question of Assessing the Usability of the Software Security System. *The bulletin of Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia*. 2019;1:45–50. (in Russ.) EDN:ZAQCKT
13. Kadnova A.M. To the question of assessing the convenience of customer interfaces of information protection software systems. *Public Safety, Law and Order in the third millennium*. 2020;6-2:232–235. (in Russ.) EDN:OBCCGG
14. Kochkin A.A., Kalashnikov S.N., Krasnoperov S.I. Cognitive-parametric evaluation of the information flow of the user interface. *Elektronnyy nauchnyy zhurnal*. 2015;3(3):67–72. (in Russ.) DOI:10.18534/enj.2015.03.67. EDN:VKHDOJ
15. Shengyuan Y., Xiaoyang Y., Hongguo Z., Zhijian Z., Minjun P., Shanling W. Research of Software User Interface Evaluation Method based on Subjective Expectation. *Proceedings of the International Conference on Mechatronics and Automation, 05-08 August 2007, Harbin, China*. IEEE; 2007. p.3190–3195. DOI:10.1109/ICMA.2007.4304072
16. Buinevich M.V., Kurta P.A. Research Methodology of the Method of Optimization of Information Interaction in the Aspect of Solving the User's Problem. *Telecom IT*. 2019;7(4):50–58. (in Russ.) DOI:10.31854/2307-1303-2019-7-4-50-58. EDN:LULASM

Статья поступила в редакцию 18.11.2024; одобрена после рецензирования 09.12.2024; принята к публикации 18.12.2024.

The article was submitted 18.11.2024; approved after reviewing 09.12.2024; accepted for publication 18.12.2024.

Информация об авторе:

КУРТА
Павел Андреевич

соискатель кафедры Прикладной математики и информационных технологий
Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России
 <https://orcid.org/0009-0005-6073-8626>

Автор сообщает об отсутствии конфликтов интересов.

The author declares no conflicts of interests.