

Научная статья

УДК 159.922; DOI: 10.61260/2074-1618-2025-2-42-51

РОЛЬ КОМПЛЕКСА СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ – ПРОГРАММНЫЙ ИНТЕРФЕЙС

✉ Вострых Алексей Владимирович.

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

✉ a.vostrykh@list.ru

Аннотация. Рассматривается проблема низкого качества программных интерфейсов цифровых продуктов, для решения которой автором предложена разработка модели описания пользователей целевой аудитории.

В состав модели вошли три взаимосвязанные психические системы человека: комплекс сенсорных, перцептивная и когнитивная системы. Так как комплекс сенсорных систем является первым этапом приёма и обработки сигналов от интерфейсов, автором подробно рассмотрен этот компонент, а именно: как производится приём и обработка сигнала; физиологические ограничения; периоды, когда возникают искажения сигналов.

Также систематизированы параметры и свойства сенсорных сигналов, диапазоны, в рамках которых осуществляется приём сенсорных сигналов, представлен авторский перечень рекомендаций по проектированию интерфейсов.

Отмечена значимость рассматриваемой темы для МЧС России, когда речь идет о принятии решений, от которых зависят жизнь и здоровье людей.

Ключевые слова: программный интерфейс, комплекс сенсорных систем, ощущения, пользователь

Для цитирования: Вострых А.В. Роль комплекса сенсорных систем человека в процессе осуществления взаимодействия пользователь – программный интерфейс // Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества. 2025. № 2 (67). С. 42–51. DOI: 10.61260/2074-1618-2025-2-42-51.

Scientific article

ROLE OF A COMPLEX OF HUMAN SENSORY SYSTEMS IN THE PROCESS OF USER – PROGRAM INTERFACE INTERACTION

✉ Vostrykh Alexey V.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ a.vostrykh@list.ru

Abstract. The article deals with the problem of poor quality of software interfaces of digital products, for which the author proposed to develop a model for describing users to the target audience.

The model includes three interconnected human mental systems: a complex of sensory systems, perceptual and cognitive systems. Since the complex of sensor systems is the first stage of receiving and processing signals from interfaces, this component is considered in detail in the article, namely: how the signal is received and processed; physiological limitations; periods when distortion of the signals occurs.

The article also systematizes the parameters and properties of sensor signals, the ranges within which sensor signals are received, and provides the author's list of recommendations for interface design.

The importance of the topic under consideration for EMERCOM of Russia was noted when it comes to making decisions on which people's lives and health depend.

Keywords: software interface, complex of sensory systems, sensations, user

For citation: Vostrykh A.V. Role of a complex of human sensory systems in the process of user – program interface interaction // Psychological and pedagogical safety problems of human and society = Psychological and pedagogical safety problems of human and society. 2025. № 2 (67). P. 42–51. DOI: 10.61260/2074-1618-2025-2-42-51.

Введение

Сегодня мир интенсивно заполняется различными цифровыми продуктами, с которыми человеку приходится взаимодействовать намного чаще, чем буквально несколько десятилетий назад. Таким образом, информационные технологии становятся неотъемлемой частью повседневной деятельности, как рабочей, так и личной, современного индивида [1, 2]. Чаще всего информационные технологии представляются в виде различных программных продуктов (ПП), информационных систем (ИС) и приложений, обеспечивающих сбор, накопление, обработку, хранение, представление и распространение информации. От качества взаимодействия с ПП и ИС напрямую зависит как успешность выполнения большей части задач в рамках профессиональной деятельности, так и удовлетворение ежедневных потребностей пользователя [2, 3].

Качественные ПП особенно важны в таких организациях, как МЧС России, так как от их эффективности зависит успешность выполнения должностных обязанностей сотрудниками, их моральное и психологическое состояние, работоспособность.

Также от качества реализации ПП зависит вероятность возникновения ошибок как технического характера, так и по причине «человеческого фактора», что недопустимо в работе спасателей, когда от правильно выбранного управленческого решения или результатов расчётов зависит жизнь и здоровье граждан.

Многочисленные исследования отечественных и зарубежных учёных показали, что качество взаимодействия пользователей с ПП и ИС коррелирует с эффективностью реализации их пользовательских интерфейсов (ПИ) [3–10].

ПИ является совокупностью средств и информационно-функциональных элементов (ИФЭ), с помощью которых пользователь получает возможность взаимодействовать с цифровым продуктом [5, 7, 11]. Основная цель ПИ заключается в предоставлении в интуитивно понятной форме средств и ИФЭ цифрового продукта для выполнения требований и удовлетворения потребностей пользователей целевой аудитории в рамках их объёма знаний, психофизиологических возможностей и ограничений, а также социальных норм и ожиданий [3, 5, 7].

Как показывает практика, ПИ низкой эффективности повышают вероятность возникновения ошибок в работе пользователей, снижают их удовлетворённость трудом, а также отрицательно влияют на скорость работы. Таким образом, эффективные ПИ крайне важны в современном обществе.

В связи с вышесказанным возникает вопрос: «Как проектировать эффективные ПИ?» По мнению автора, для осуществления проектирования и реализации эффективных ПИ необходима разработка научно-методических средств оценки эффективности интерфейсов, которых в настоящее время не существует в формализованном виде. Автор ставит перед собой задачу по разработке таких средств, в состав которых войдут модели описания пользователей и ПИ, что необходимо для:

- декомпозиции двух совершенно отличных друг от друга сущностей – человек и цифровой продукт – на элементарные части, что позволит выявить между ними точки соприкосновения, с помощью которых осуществляется взаимодействие;

- стандартизации и конкретизации понятий и категорий, входящих в состав упомянутых выше сущностей, что позволит проектировщикам ПИ вести конструктивный и предметный диалог между собой;

- осуществления поиска уязвимых мест в психике человека для их учёта и проработки в механизмах предоставления и считывания данных интерфейсами, тем самым повышая эффективность взаимодействия;

– демонстрации за счёт моделирования процесса взаимодействия человека и цифрового продукта для прогнозирования удовлетворённости пользователей от вносимых в ПИ изменений.

Гипотетически на основе разработанных моделей описания пользователя и ПИ станет возможным:

- привести дефиницию показателей эффективности ПИ;
- определить области оценок путём аккумуляции показателей эффективности в группы;
- реализовать алгоритмы, а на их основе методики оценок в соответствии с определёнными направлениями;
- на основе полученных методик реализовать методологию автоматизированного проектирования ПИ.

В настоящем исследовании выполнен первый этап построения модели описания пользователей цифровых продуктов, который включил в себя:

- анализ психических систем человека, обеспечивающих процесс его взаимодействия с окружающим миром в аспекте ПИ (рассматривается комплекс сенсорных систем человека);
- идентификацию категорий (психические процессы, формы, явления), входящих в состав комплекса сенсорных систем;
- выявление характеристик комплекса сенсорных систем, что позволит определить ограничения возможностей человека по приёму стимулов, поступающих от ПИ;
- установление уязвимых мест в сенсорных системах, учёт которых при проектировании ПИ позволит избежать ошибок в работе по причинам «человеческого фактора», а также снизит вероятность появления отрицательных психических состояний у пользователей.

Методы исследования

Человеческая психика является сложной самоуправляемой и саморегулируемой системой, состоящей из множества компонентов [12–14]. Для осуществления взаимосвязи с внешним миром, обработки и анализа поступающей информации люди наделены комплексом взаимосвязанных систем, которые представляют собой совокупность рецепторов, органов, нервных путей и центров, осуществляющих приём, кодирование, передачу и декодирование информации. К данным системам относятся: комплекс сенсорных систем, перцептивная и когнитивная системы [13–16].

Каждая из упомянутых систем обладает рядом характеристик, ограничений и особенностей, учёт которых позволит более детально рассмотреть процесс взаимодействия человека и ПИ для установления причинно-следственных связей возникновения различных психических состояний у пользователей при работе с продуктами.

Психическим состоянием является интегральная характеристика человека в конкретный промежуток времени, отражающая реакцию функциональных систем и организма в целом на внешние и внутренние воздействия [17–19]. Психическое состояние оказывает непосредственное воздействие на деятельность людей, например, вероятность появления ошибок в работе, внимание к деталям, утомляемость, мотивацию, количество перерывов в работе и их продолжительность, коммуникацию, креативность и инновационность, физическое состояние, социальную ответственность и т.д. Примерами отрицательных психических состояний, вероятность возникновения которых у потенциальных пользователей необходимо сокращать (за счёт проектирования эффективных ПИ), являются: тревога, монотония, страх, напряжённость, агрессия, тоска, фruстрация, гнев, утомление, стресс, перенапряжение, депрессия и т.д. И наоборот, качественно спроектированные ПИ должны способствовать появлению у пользователей таких психических состояний, как: наслаждение, радость, эмоциональный подъём, оптимизм, вдохновение, творческий подъём, энтузиазм, эмпатия и т.д.

Автором рассмотрен комплекс сенсорных систем, который является первой стадией психики, где за счёт интеграции простейших познавательных, эмоциональных и волевых психических процессов (ощущений) у пользователей появляются различные виды сенсомоторных реакций [22, 21]. При взаимодействии пользователей с ПИ физическая

энергия, исходящая от раздражителей интерфейсов, попадая в ограниченную зону обнаружения сенсорных систем, воздействует на органы чувств, затем преобразуется (конвертируется) в нервную энергию, задерживаясь недолго в сенсорном хранилище, и далее передаётся для дальнейшей обработки и кодирования.

Основополагающей категорией комплекса сенсорных систем является понятие ощущений. Ощущения – это простейшие познавательные психические процессы, которые возникают в результате элементарных видов стимуляции, связанных с отношениями между физическим миром и его обнаружением через сенсорную систему. В ощущениях отражаются особенности отдельных свойств объектов действительности при их непосредственном воздействии на органы чувств. Ощущения являются результатом обработки стимуляции [22, 23].

Ежесекундно организм человека получает бесчисленное множество разнообразных по своей природе сигналов-раздражителей, которые поглощаются и преобразуются сенсорными системами. Раздражителями могут быть любые физико-химические изменения внешней и внутренней среды, приводящие к сдвигам метаболизма [23, 24]. Сенсорные системы устроены так, что из всего многообразия действующих на человека раздражителей (обонятельных, тактильных, слуховых, зрительных, температурных и т.д.) производится отбор только тех, чья информация является в данный момент и при данных обстоятельствах жизненно важной. Это позволяет конструировать программу адекватного целенаправленного поведения и наилучшим образом приспособливаться к постоянно меняющимся условиям внешней среды [15, 16].

В фонде научной литературы из области физиологии, когнитивной психологии и психофизики [1–5, 12–19] учёные условно выделяют следующие сенсорные системы человека: визуальную, аудиальную, обонятельную, вкусовую, кожную и двигательную. Данный перечень в зависимости от направлений физиологии и персональных умозаключений исследователей имеет некоторые вариации в названиях систем и своём составе, но в рамках настоящего исследования является достаточным для решения поставленной задачи.

Основными параметрами сенсорных сигналов, которые несут информацию о предметах и явлениях окружающего мира, являются [13, 14]:

- амплитудно-временные (изменение силы раздражения во времени);
- пространственные (локализация источника раздражения, форма, размер, удалённость и т.д.);
- модальности (качественные характеристики раздражителей, возникающие при активации определённой сенсорной системы);
- пространственно-временные (скорость движения объекта);
- интенсивность (силовые или амплитудные характеристики раздражителей);
- временные (начало, окончание и длительность влияния раздражителя).

Согласно проведённым исследованиям, люди ощущают окружающий мир преимущественно через зрение, таким образом, около 83 % информации обрабатывается визуальной сенсорной системой [24, 25]. На остальные системы приходятся следующие доли в процентах от общего оставшегося объёма: аудиальная – 11 %, обонятельная – 3,5 %, кожная и двигательная – 1,5 %, вкусовая – 1 %.

Автор акцентирует внимание на взаимодействии человека только с определённой частью окружающего мира – цифровыми технологиями, представленными в виде различных ПП, обладающих ПИ. В связи с этим будут рассмотрены только те системы, которые непосредственно задействуются при работе пользователей с ПИ, а именно:

- визуальная (реализует формирование зрительных ощущений у пользователей при взаимодействии с ИФЭ интерфейсов);
- аудиальная (обеспечивает восприятие пользователями звуковых сигналов, поступающих от ПИ);
- кожная (позволяет ощущать вибрации, например, мобильных устройств при поступлении сигналов оповещения от ПИ);

– двигательная (позволяет анализировать пространственное расположение физических компонентов управления ПИ).

Рассмотрим возможности сенсорных систем по приёму сигналов от ПИ.

Визуальная сенсорная система [12–14]:

– цветоощущение (спектры ароматического и хроматического восприятия);

– световосприятие (возможность поглощения света при различном уровне освещения);

– периметрия или поле зрения (площадь ПИ, воспринимаемая глазом при фиксации взгляда в одной точке);

– острота зрения (характеризуется наименьшим углом зрения, под которым глаз способен видеть отдельные две точки). Характеристика зависит от степени освещённости, физического контраста, а также уровня эмоционального напряжения и функционального состояния человека;

– область слепого пятна Э. Мариотта (в поле зрения каждого глаза имеется область, в которой, ввиду физиологических ограничений, информация не поступает на рецепторы);

– аккомодация (область ясного видения) – способность глаза видеть предметы на различном от него расстоянии и т.д.

Аудиальная сенсорная система [12–14]:

– острота слуха (наименьшая сила звука, которая воспринимается органом слуха);

– динамический диапазон слуха (совокупность уровней звука, которые человек способен воспринимать);

– бинауральное слияние (диапазон нескольких источников звука, воспринимаемых аудиальной системой как единый и цельный образ, с возможностью обнаружения места расположения источников звука).

Кожная сенсорная система обладает следующими рецепциями [12–14]:

– тактильная (нижний порог ощущения вибрации);

– температурная (нижний порог ощущения тепла и холода);

– ноцицептивная (нижний порог ощущения повреждений) и т.д.

Двигательная сенсорная система служит для анализа состояния двигательного анализатора – его движения и положения в пространстве. Система представлена следующими видами рецепторов:

– мышечные (сигнализируют о степени растяжения мышц);

– суставные (сигнализируют о степени поворота суставов);

– сухожильные (сигнализируют о степени сокращения мышцы).

Обработка сенсорных сигналов сопровождается их многократным преобразованием и формированием ощущений, которые служат для: выполнения сигнальной функции (информирование организма об изменениях в окружающем и внутреннем мире); формирования собственного субъективного образа мира и ориентации в нём; своевременной адаптации к изменениям во внешнем мире [12–14].

Для эффективного выполнения своих задач ощущения передают не только качество раздражителя, но и его интенсивность. Границы диапазона чувствительности называются порогами ощущений. Выделяют следующие пороги [12–14]:

– абсолютный нижний порог (минимальная величина раздражителя, вызывающая едва заметное ощущение);

– абсолютный верхний порог (максимально допустимая величина раздражителя, её превышение ведёт к исчезновению ощущения или к болевым ощущениям и повреждению анализатора);

– дифференциальный порог – минимальное расстояние между двумя раздражителями либо между двумя состояниями одного раздражителя, вызывающее едва заметное различие ощущений.

Проведённый анализ специализированных литературных источников [12–16] позволил выделить перечень выводов и ряд диапазонов в рамках которых осуществляется приём сенсорных сигналов от ПИ пользователем:

– поле зрения для ахроматических предметов больше, чем хроматическое. Хроматическое поле зрения зависит также от вида цвета (для зелёного цвета оно наименьшее, а для жёлтого, наоборот, наибольшее);

– в среднем человек слышит звуки в диапазоне примерно от 16 до 20 тыс. Гц;

– большинством людей различается не более 20 тыс. цветов;

– видимый спектр человеком включает световые волны длиной от 370 до 710 нм;

– зрительные фиксации и саккады создают «слепую зону», занимающую около 10 % общего времени жизнедеятельности человека;

– острота зрения зависит от угла зрения так: угол фoveального зрения приблизительно равен $1\text{--}2^\circ$ (информация воспроизводится с самым высоким разрешением); парафовеального зрения приблизительно равен 10° ; близкого к периферийному зрению приблизительно равен 60° и периферийного зрения приблизительно 180° (самое низкое разрешение).

– механические колебания воспринимаются в диапазоне 1,6–1 000 Гц.

Независимо от вида, все ощущения обладают следующими свойствами:

– качество (каждый вид ощущений имеет свои особенности, например, зрительные – цветовой тон, яркость);

– интенсивность (определяется силой действующего раздражителя);

– длительность ощущения (зависит от состояния организма, но главным образом от времени действия раздражителя и его интенсивности. Кроме того, анализаторы реагируют на раздражитель не сразу, а с опозданием: так, для тактильных ощущений этот промежуток равен 130 мс, а для болевых – 370 мс);

– контрастность ощущений (изменение интенсивности или качества одного ощущения под влиянием предшествующего или сопутствующего ощущения. Так, например, если попробовать вначале сильно солёную воду, то после пресная вода на вкус покажется сладкой).

Изменение чувствительности может принимать следующие формы:

– адаптация (уменьшение чувствительности к постоянно действующему внешнему раздражителю);

– сенсибилизация (повышение чувствительности нервных центров под влиянием действия раздражителя. Острота ощущений нарастает до 30 лет и снижается впоследствии).

В процессе преобразований стимулов в ощущения высока вероятность появления искажений, что связано с уязвимостями сенсорных систем. Некоторые из них представлены ниже [12–17]:

– феномен одновременного и последовательного световых и цветовых контрастов (изменение световых или цветовых ощущений, возникающих в результате действия других световых или цветовых раздражителей);

– оптическая иррадиация. Явление, при котором наблюдаемый предмет кажется иного размера, нежели на самом деле (фигура светлого цвета на чёрном фоне кажется наблюдателю больше по сравнению с аналогичной фигурой тёмного цвета на светлом фоне);

– иллюзии: Понцо, Мюллера-Лайера, наклонной башни, радужного ореола и лучей;

– решётка Л. Германа – иллюзия, при которой на белом фоне на перекрёстках между черными квадратами возникают несуществующие черные или серые точки и т.д.

В аудиальной сенсорной системе исследователями выявлены следующие искажения [12–14]:

– феномен октавы и модель Шепарда являются иллюзией бесконечно восходящего или нисходящего звука, что создаётся путём наложения двух синусоидальных волн, которые разделены октавой;

– эффект Доплера заключается в изменении частоты волны излучения, вследствие движения источника излучения относительно наблюдателя и т.д.

В каждой сенсорной системе исследователями выявлены следующие искажения [12–14]:

– феномен «двойной боли»;

– фантомные боли;

– иллюзия CRE, заключающаяся в ошибочном восприятии последовательных прикосновений между крайними точками на теле, к которым было применено кратковременное физическое воздействие и т.д.

Результаты исследования и их обсуждение

Исходя из результатов проведённого анализа комплекса сенсорных систем автор считает необходимым представить ряд заключений, сделанных на основе систематизации результатов экспериментов и наблюдений исследователей из таких областей наук, как: физиология, психофизика и когнитивная психология [6–14]. На каждое заключение автором на основе полученной информации выдвинуто предложение по проектированию более эффективных ПИ.

1. Доказано, что сенсорные системы могут работать лишь в определённых пределах силы раздражителя [12–14]. В рамках проектирования ПИ данное заключение означает, что не имеет смысла устанавливать мощность воздействия индикаторов ИФЭ на пользователей больше возможностей ощущения их сенсорных систем, например, сигнал оповещения, частота звучания которого выходит за рамки динамического диапазона ощущения звука человеком, будет невозможен для восприятия;

2. Доказано, что рецепторы обладают способностью адаптироваться к постоянно действующему раздражителю, что проявляется снижением уровня возбуждения от раздражителей при их длительном и неизменном уровне воздействия [12–14]. В рамках разработки ПП и их ПИ данное заключение означает, что, например, постоянно мигающий индикатор интерфейса (с неизменной частотой мерцания) через некоторый промежуток времени перестаёт распознаваться оператором как раздражитель, что приведёт к игнорированию и утрате внимания в этой области ПИ. Таким образом, необходимо избегать использования подобной реализации сигналов в ПИ.

3. Доказано, что ощущение стимулов даже самых простых сигналов зависит не только от сенсорной системы, но и от процессов более высокого уровня: состояния, в котором находится пользователь, индивидуальных особенностей человека (например, темперамента, а именно таких его свойств, как экстравертированность и невротизм), когнитивного стиля (полезависимость – склонность ориентироваться на внешние или внутренние источники информации, а также степень дифференциации, связанной с лёгкостью обобщения и обнаружения различий в предметах и явлениях), мотивационно-волевых особенностей субъекта (ориентации на состояние или действие) [12–14]. В рамках разработки ПП и их ПИ данное заключение демонстрирует необходимость разработки детализированной модели пользователя целевой аудитории, которая будет учитывать даже такие характеристики людей, как темперамент и когнитивный стиль.

4. Доказано, что на возможность обнаружения стимула влияет не только его физическая интенсивность, но и расположение сенсорной системы к ощущению, которая зависит от многих факторов, например, усталости, внимательности, мотивации, опыта [12–14]. В рамках разработки ПП и их ПИ данное заключение демонстрирует необходимость подачи пользователю дублирующего сигнала, но обязательно в другой модальности.

На основе полученных данных становится возможным схематически представить процесс взаимодействия пользователя (в виде комплекса сенсорных систем) и ПИ (рис.).

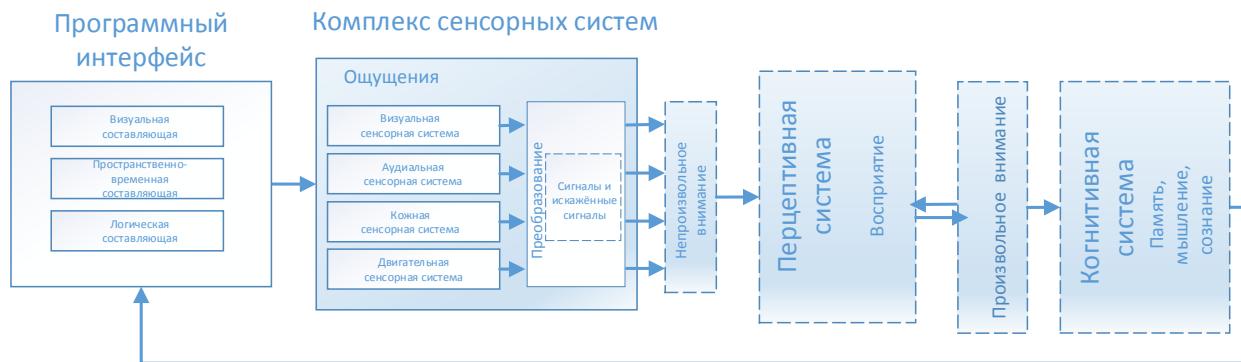


Рис. Процесс взаимодействия пользователя и ПИ посредством комплекса сенсорных систем

Из представленной схемы видно, что сигналы, полученные от ПИ в процессе функционирования сенсорных систем пользователей, обрабатываются (кодируются), преобразуются в ощущения, далее переходят в блок непроизвольного внимания, где производится их фильтрация, и затем передаются в перцептивную и когнитивную системы [20–22].

В дальнейших исследованиях будут проанализированы перцептивная и когнитивная системы для формирования полноценной картины процесса взаимодействия пользователя и ПИ.

Заключение

Таким образом, автором произведён поиск решения проблемы низкого качества современных ПИ цифровых продуктов, что напрямую влияет на удовлетворённость пользователей трудом и их успех выполнения повседневных рабочих и личных задач.

Решение данной проблемы автор видит в реализации научно-методических средств (модели, алгоритмы, методики) по оценке эффективности ПИ, для разработки которых в статье проведён детальный анализ одного из компонентов психики человека, а именно комплекса сенсорных систем. Анализ позволил:

1. Выявить физиологические ограничения комплекса сенсорных систем пользователей.
2. Выявить периоды в психике пользователей, когда возникают искажения сигналов ПИ.
3. Визуализировать процесс обработки сигналов, поступающих от ПИ в комплекс сенсорных систем пользователей.
4. Разработать перечень рекомендаций по проектированию ПИ.

Также в статье систематизированы:

- параметры и свойства сенсорных сигналов;
- диапазоны, в рамках которых осуществляется приём сенсорных сигналов от ПИ пользователями, что позволит на основе этих численных величин составить formalizованные показатели оценки эффективности.

Внедрение в разработку ПП и их ПИ полученных автором результатов гипотетически позволит создавать цифровые продукты более высокого качества, что, как было отмечено выше, влияет на результат работы с использованием этих продуктов. Это особенно важно для программ специализированного профиля, например, используемых в МЧС России, где от точности результатов вычислений и прогнозов зависит жизнь и здоровье граждан.

Список источников

1. Вострых А.В. Имитационно-аналитическая модель для оценки информативности графических пользовательских интерфейсов // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2025. Т. 18. № 1. С. 46–54.
2. Вострых А.В. Алгоритм оценки информативности графических пользовательских интерфейсов // Информатизация и связь. 2024. № 5. С. 140–149.

3. Вострых А.В. Модели описания элементов информационных систем МЧС России, ориентированных на человеко-машинное взаимодействие // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России», 2021. № 2. С. 170–176.
4. Балхарет А.А.С., Падерно П.И. Способ оценки средней напряжённости дискретной деятельности оператора // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. 2007. № 3–2 (41). С. 29.
5. Уэйншенк С. Интуитивный веб-дизайн. СПб.: Эскимо, 2011. 160 с.
6. Норман Д.А. Дизайн привычных вещей. М.: Вильямс, 2016. 384 с.
7. Падерно П.И., Рык Д.Д. Формирование структуры интерфейса: оптимальные задачи // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2023. Т. 16. № 7. С. 47–55.
8. Нильсен Я. Mobile Usability. Как создавать идеально удобные приложения для мобильных устройств. М.: Эскимо, 2013. 256 с.
9. Круг С. Как сделать сайт удобным. Юзабилити по методу Стива Круга. СПб.: Питер, 2010. 170 с.
10. Раскин Д. Интерфейс. Новые направления в проектировании компьютерных систем. М.: Символ, 2007. 257 с.
11. Вострых А.В. Терминологический базис оценки пользовательских интерфейсов: обзор стандартов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании: сб. науч. статей IX Междунар. науч.-техн. и науч.-метод. конф. Санкт-Петербург, 2020. С. 200–207.
12. Ломтатидзе О.В. Физиология сенсорных систем: учеб.-метод. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. университета. 2022. 120 с.
13. Фонсова Н.А., Дубынин В.А. Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем. М.: Юрайт, 2007. 342 с.
14. Яковлева О.В., Герасимова Е.В., Ситдикова Г.Ф. Специальный практикум. Модуль: физиология сенсорных систем. Казань: КФУ, 2020. 259 с.
15. Алипов Н.Н. Основы медицинской физиологии. М.: Практика, 2013. 259 с.
16. Батуев А.С. Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем. СПб.: Питер, 2012. 320 с.
17. Мышкин И.Ю. Физиология сенсорных систем и высшей нервной деятельности: учеб. пособие. Ярославль: ЯрГУ, 2008. 138 с.
18. Попов А.А., Глушанина С.А. Особенности звуковой проводимости и роль метрологического обеспечения в аудиометрии // Качество и жизнь. 2016. № 1 (9). С. 70–73.
19. Демина Е.Н., Накатис Я.А. Взаимосвязь обонятельного и вкусового анализатора при заболеваниях слизистой оболочки полости носа и околоносовых пазух // Российская ринология. 2014. № 22 (3). С. 22–25.
20. Neisser U. Memory observed: remembering in natural contexts. San Francisco: W.H. Freeman. 1982. 452 p.
21. Moray A., Bates T. Barnett Experiments on the four-eared man // Psychology. Journal of the Acoustical Society of America. 1965. № 12 (3). P. 45–56.
22. Klatzky R.L. Human memory: structures and processes. San Francisco: Freeman. 1980. 376 p.
23. Baddeley A.D. The psychology of memory. New York: Basic Books. 1976. 452 p.
24. Lindsay P.H. Human information processing: an introduction to psychology. New York: Academic Press, 1972. 780 p.
25. Baddeley A.D. Your memory: a User's guide. London: Prion, 1993. 404 p.

References

1. Vostryh A.V. Imitacionno-analiticheskaya model' dlya ocenki informativnosti graficheskikh pol'zovatel'skih interfejsov // Izvestiya SPbGETU LETI. 2025. Т. 18. № 1. С. 46–54.
2. Vostryh A.V. Algoritm ocenki informativnosti graficheskikh pol'zovatel'skih interfejsov // Informatizaciya i svyaz'. 2024. № 5. С. 140–149.
3. Vostryh A.V. Modeli opisaniya elementov informacionnyh sistem MChS Rossii, orientirovannyh na cheloveko-mashinnoe vzaimodejstvie // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MChS Rossii». 2021. № 2. С. 170–176.

4. Balharet A.A.S., Paderno P.I. Sposob ocenki srednej napryazhyonnosti diskretnoj deyatel'nosti operatora // Chelovecheskij faktor: problemy psihologii i ergonomiki. 2007. № 3–2 (41). S. 29.
5. Uejnshenk S. Intuitivnyj veb-dizajn. SPb.: Eskmo, 2011. 160 s.
6. Norman D.A. Dizajn privychnyh veshchej. M.: Vil'yams, 2016. 384 s.
7. Paderno P.I., Ryk D.D. Formirovanie struktury interfejsa: optimal'nye zadachi // Izvestiya SPbGETU LETI. 2023. T. 16. № 7. S. 47–55.
8. Nil'sen Ya. Mobile Usability. Kak sozdavat' ideal'no udobnye prilozheniya dlya mobil'nyh ustrojstv. M.: Eskmo, 2013. 256 c.
9. Krug S. Kak sdelat' sajt udobnym. Yuzabiliti po metodu Stiva Kruga. SPb.: Piter, 2010. 170 s.
10. Raskin D. Interfejs. Novye napravleniya v proektirovaniii komp'yuternyh sistem. M.: Simvol, 2007. 257 s.
11. Vostrykh A.V. Terminologicheskij bazis ocenki pol'zovatel'skih interfejsov: obzor standartov // Aktual'nye problemy infotelekomunikacij v nauke i obrazovanii: sb. nauch. statej IX Mezhdunar. nauch.-tekhn. i nauch.-metod. konf. Sankt-Peterburg, 2020. S. 200–207.
12. Lomtatidze O.V. Fiziologiya sensornyh sistem: ucheb.-metod. posobie. Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta., 2022. 120 s.
13. Fonsova N.A., Dubynin V.A. Fiziologiya vysshej nervnoj deyatel'nosti i sensornyh sistem. M.: Yurajt, 2007. 342 s.
14. Yakovleva O.V., Gerasimova E.V., Sittikova G.F. Special'nyj praktikum. Modul': fiziologiya sensornyh sistem. Kazan': KFU, 2020. 259 s.
15. Alipov N.N. Osnovy medicinskoj fiziologii. M.: Praktika, 2013. 259 s.
16. Batuev A.S. Fiziologiya vysshej nervnoj deyatel'nosti i sensornyh sistem. SPb.: Piter, 2012. 320 s.
17. Myshkin I.Yu. Fiziologiya sensornyh sistem i vysshej nervnoj deyatel'nosti: ucheb. posobie. Yaroslavl': YarGU, 2008. 138 s.
18. Popov A.A., Glushanina S.A. Osobennosti zvukovoj provodimosti i rol' metrologicheskogo obespecheniya v audiometrii // Kachestvo i zhizn'. 2016. № 1 (9). S. 70–73.
19. Demina E.N., Nakatis Ya.A. Vzaimosvyaz' obonyatel'nogo i vkusovogo analizatora pri zabolevaniyah slizistoj obolochki polosti nosa i okolonosovyh pazuh // Rossijskaya rinologiya. 2014. № 22 (3). S. 22–25.
20. Neisser U. Memory observed: remembering in natural contexts. San Francisco: W.H. Freeman. 1982. 452 p.
21. Moray A., Bates T. Barnett Experiments on the four-eared man // Psychology. Journal of the Acoustical Society of America. 1965. № 12 (3). P. 45–56.
22. Klatzky R.L. Human memory: structures and processes. San Francisco: Freeman. 1980. 376 p.
23. Baddeley A.D. The psychology of memory. New York: Basic Books. 1976. 452 p.
24. Lindsay P.H. Human information processing: an introduction to psychology. New York: Academic Press, 1972. 780 p.
25. Baddeley A.D. Your memory: a User's guide. London: Prion, 1993. 404 p.

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 18.04.2025; принята к публикации: 22.05.2025
Information about the article: the article was submitted to the editorial office: 18.04.2025; accepted for publication: 22.05.2025

Информация об авторе:

Вострых Алексей Владимирович, старший преподаватель кафедры прикладной математики и безопасности информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: a.vostrykh@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8261-0712>, SPIN-код: 4788-4683

Information about the author:

Vostrykh Alexey V., senior lecturer of the department of applied mathematics and information technology security of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: a.vostrykh@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8261-0712>, SPIN: 4788-4683