

Научная статья

УДК 004.056.53

<https://doi.org/10.31854/1813-324X-2024-10-3-116-126>

# Оценка визуальных интерфейсов систем управления информационной безопасностью

Андрей Алексеевич Чечулин<sup>1,2</sup>, [chchulin.aa@sut.ru](mailto:chchulin.aa@sut.ru)

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, 199178, Российская Федерация

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

## Аннотация

**Актуальность.** В данной статье рассматриваются методы оценки эффективности форм представления информации в прикладном программном обеспечении, с акцентом на разработке комплексной методики для оценки интерфейсов систем мониторинга и управления информационной безопасностью. Пользовательский интерфейс является ключевым элементом, от которого зависит функциональность, удобство и эстетическая привлекательность программного обеспечения. Эти аспекты, в свою очередь, напрямую влияют на восприятие и качество работы пользователей с программными продуктами, что особенно важно в контексте систем информационной безопасности для обеспечения эффективного и своевременного реагирования на инциденты и угрозы. **Целью данного исследования** является разработка комплексной методики, которая бы позволила оценивать эффективность информационных представлений в системах безопасности, сочетая анкетирование пользователей для получения интегрального показателя качества интерфейса и использование метода GOMS (Goals, Operators, Methods, and Selection Rules) для оценки скорости выполнения задач. **Предлагаемая методика** включает два основных этапа: первый этап – анкетирование, которое позволяет собрать субъективные оценки пользователей и выявить интегральный показатель качества интерфейса; второй этап – применение метода GOMS, который позволяет провести количественную оценку эффективности интерфейса, измеряя время, затрачиваемое пользователем на выполнение задач. Эти два этапа взаимодополняют друг друга, обеспечивая всесторонний подход к оценке пользовательского интерфейса. Полученное таким образом **решение** позволяет классифицировать пользовательские интерфейсы на четыре уровня качества: «отличный», «хороший», «удовлетворительный» и «неудовлетворительный». **Новизна** исследования заключается в том, что предложенный подход, в отличие от аналогов, объединяет субъективные и объективные методы анализа, что обеспечивает более точную и всестороннюю оценку качества интерфейсов систем информационной безопасности.

**Теоретическая значимость** работы состоит в создании новой методики оценки пользовательских интерфейсов, которая может быть применена к различным системам информационной безопасности.

**Практическая значимость** заключается в возможности использования полученных результатов для улучшения взаимодействия операторов с системами мониторинга и управления информационной безопасности, что в конечном счете повышает общую защищенность и эффективность работы информационных систем за счет повышения качества принимаемых оператором решений. В рамках будущей работы планируется расширить исследование, включив в него учет дополнительных аспектов, таких как влияние когнитивных нагрузок на операторов и использование адаптивных методов визуализации, которые будут подстраиваться под индивидуальные особенности пользователей.

**Ключевые слова:** пользовательский интерфейс, usability, графический интерфейс, метод GOMS, оценка эффективности, системы информационной безопасности

**Ссылка для цитирования:** Чечулин А.А. Оценка визуальных интерфейсов систем управления информационной безопасностью // Труды учебных заведений связи. 2024. Т. 10. № 3. С. 116–126. DOI:10.31854/1813-324X-2024-10-3-116-126. EDN:HZWDEV

Original research

<https://doi.org/10.31854/1813-324X-2024-10-3-116-126>

# Evaluation of Visual Interfaces in Information Security Management Systems

 **Andrey A. Chechulin**<sup>1, 2</sup>, [chechulin.aa@sut.ru](mailto:chechulin.aa@sut.ru)

<sup>1</sup>Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Science,  
St. Petersburg, 199178, Russian Federation

<sup>2</sup>The Bonch-Bruевич Saint Petersburg State University of Telecommunications,  
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

## Annotation

*This article discusses methods for evaluating the effectiveness of information presentation forms in application software, with a focus on developing a comprehensive methodology for assessing interfaces in information security monitoring and management systems. The user interface is a key element that affects the functionality, convenience, and aesthetic appeal of software. These aspects directly influence how users perceive and interact with the software, which is especially important in the context of information security systems to ensure effective and timely responses to incidents and threats. **The aim of this study** is to develop a comprehensive methodology that allows for the evaluation of the effectiveness of information presentations in security systems. This methodology combines user surveys to obtain an overall quality indicator of the interface with the use of the GOMS method (Goals, Operators, Methods, and Selection Rules) to assess the speed of task completion. **The proposed methodology** includes two main stages: the first stage involves user surveys to gather subjective assessments and determine an overall quality indicator of the interface; the second stage involves the application of the GOMS method, which provides a quantitative evaluation of interface efficiency by measuring the time users spend on completing tasks. These two stages complement each other, providing a comprehensive approach to evaluating the user interface. This approach allows for the classification of user interfaces into four quality levels: "excellent", "good", "satisfactory", and "unsatisfactory". **The novelty of the study** lies in its unique approach that combines both subjective and objective methods of analysis, providing a more accurate and comprehensive evaluation of interface quality in information security systems. **The theoretical significance** of the work is in the creation of a new methodology for evaluating user interfaces, which can be applied to various information security systems. **The practical significance** is in the potential use of the results to improve the interaction between operators and information security monitoring and management systems, ultimately enhancing the overall security and efficiency of information systems by improving the quality of operator decision-making. Future research plans include expanding the study to cover additional aspects such as the impact of cognitive loads on operators and adaptive visualization methods that can adjust to individual user characteristics.*

**Keywords:** user interface, usability, graphical interface, GOMS method, efficiency evaluation, information security systems

**For citation:** Chechulin A.A. Evaluation of Visual Interfaces in Information Security Management Systems. *Proceedings of Telecommunication Universities*. 2024;10(3):116–126. (in Russ.) DOI:10.31854/1813-324X-2024-10-3-116-126. EDN:HZWDEV

## Введение

Проектирование пользовательского интерфейса (UI, аббр. от англ. User Interface) – одна из ключевых задач в разработке программного обеспечения, особенно в контексте систем информационной безопасности (ИБ). Функциональность, удобство и эстетическая привлекательность интерфейса напрямую влияют на восприятие и отноше-

ние пользователей к программному продукту. Непродуманный интерфейс может оттолкнуть пользователей, что сведет на нет усилия разработчиков по созданию эффективного и полезного программного обеспечения. При этом восприятие интерфейса каждым пользователем является субъективным, что добавляет сложности к задаче его проектирования.

Одной из важных характеристик пользовательского интерфейса является его удобство (*по англ. usability*), что подразумевает возможность того, что пользователь со средним уровнем знаний и опыта сможет эффективно взаимодействовать с программным продуктом. Достижение высокого уровня *usability* является основной целью при проектировании интерфейсов, а методики оценки их эффективности служат критерием успешности достигнутых результатов.

Результаты данного исследования направлены на совершенствование визуальных интерфейсов систем ИБ. Эти интерфейсы играют решающую роль в процессе принятия решений операторами, работающими с системами мониторинга и управления ИБ. Качество интерфейса напрямую влияет на скорость и точность принимаемых решений, что особенно важно в условиях высокой ответственности и потенциальных рисков, связанных с ИБ.

В исследовании представлен анализ существующих подходов к оценке визуальных интерфейсов и предложение новой комплексной методики, сочетающей преимущества различных методов. Разработанная методика включает два основных этапа: анкетирование с участием пользователей для определения обобщенного показателя качества интерфейса и применение метода GOMS (*аббр. от англ. Goals, Operators, Methods, and Selection Rules* – цели, объекты, методы и правила выбора) для измерения скорости выполнения задач пользователем. Введение комплексного подхода позволит классифицировать пользовательские интерфейсы на четыре уровня качества: «отличный», «хороший», «удовлетворительный» и «неудовлетворительный».

### Контекст научной проблемы и релевантные исследования

При мониторинге ИБ с помощью аналитического моделирования можно выделить четыре основных этапа: 1) сбор данных, 2) формирование моделей; 3) анализ защищенности; 4) представление результатов оператору. На каждом из этих этапов возникают проблемы неполноты и неточности.

На первом этапе данные могут быть противоречивы и неполны, что затрудняет создание точной и полной картины состояния информационной системы.

На втором – используемые для анализа модели могут не полностью соответствовать особенностям реальных компьютерных сетей, что приводит к неточностям в анализе.

На третьем – вычисляемые характеристики могут отражать не те аспекты, которые реально важны для обеспечения ИБ.

На четвертом – неудачно выбранные модели визуализации могут вводить оператора в заблуждение и приводить к принятию неверных решений.

Данная статья является частью цикла исследований [1] и посвящена рассмотрению подходов к повышению эффективности последнего (четвертого) этапа моделирования – визуализации результатов анализа защищенности. Основное внимание уделяется оценке качества программных интерфейсов систем ИБ. В работе рассматриваются текущие подходы к визуализации данных и предлагается комплексная методика для оценки эффективности интерфейсов. Эта методика учитывает как субъективное мнение пользователей, так и объективные показатели производительности. Такой подход поможет улучшить взаимодействие операторов с системами мониторинга и управления ИБ, а также повысить точность и оперативность принимаемых решений.

Информация в современных системах ИБ представляется в двух основных формах: текстовой и графической. Для компонентов, обеспечивающих принятие решений в системах мониторинга и управления ИБ, наиболее эффективной является графическая форма, реализуемая в интерфейсе пользователя (GUI, *аббр. от англ. Graphical User Interface*). Графический интерфейс позволяет операторам системы ИБ быстрее и эффективнее взаимодействовать с данными, что способствует принятию более качественных решений в условиях ограниченного времени и высокой ответственности. Важным направлением является разработка систем визуального анализа данных, которые обеспечивают более эффективное принятие решений на основе визуальных представлений больших объемов информации [2].

Современные графические интерфейсы состоят из совокупности диалоговых окон, включающих в себя элементы управления, такие как полосы меню, панели инструментов, строки состояния и другие компоненты. Привлекательность и удобство графического интерфейса зависят от множества факторов, включая грамотное расположение элементов управления, их информативность, оформление и документирование [3]. Критически важны такие аспекты, как наличие подписей, всплывающих подсказок, пиктограмм, способы группировки элементов, их доступность (например, активация по «горячим клавишам»), цветовое оформление и другие параметры.

Эффективность взаимодействия пользователя с программным средством определяется тем, насколько интерфейс понятен и привлекателен для пользователя, а также тем, как быстро пользователь может решать свои задачи с его помощью. В контексте систем ИБ это приобретает особую значимость, так как правильность и скорость принятия решений операторами могут существенно влиять на общую безопасность системы.

Для оценки эффективности форм представления информации в графических интерфейсах выделяют два основных подхода [4] (рисунок 1): тестирование с участием группы пользователей и формальные расчеты.

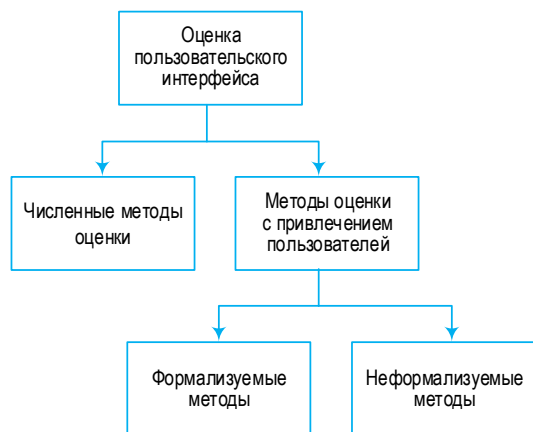


Рис. 1. Классификация подходов к оценке пользовательского интерфейса

*Fig. 1. Classification of Approaches to User Interface Evaluation*

Тестирование с привлечением пользователей включает сбор и анализ информации о субъективном восприятии интерфейса, что позволяет выявить и устранить замечания пользователей, а также получить количественные характеристики оценки интерфейса. Различные методы, такие как прототипирование, тест ожиданий, эвристическая оценка, анкетирование и метод фокус-групп предоставляют разнообразные инструменты для оценки интерфейса на ранних и промежуточных этапах его разработки. Формальные методы оценки основываются на количественных расчетах, что позволяет проводить автоматизированную оценку графических интерфейсов. Метрики сложности интерфейса (ICM, аббр. от англ. Interface Complexity Metric) и метрики удобства, такие как плотность и баланс, позволяют количественно оценить сложность и удобство представления информации. Методы слежения за взглядом и прогнозирования пользовательского внимания дополняют картину, помогая выявить наиболее значимые зоны интерфейса [5].

### Методика оценки эффективности форм представления информации с привлечением группы пользователей

Классическим способом оценки эффективности форм представления информации программными средствами является привлечение к процессу оценивания как квалифицированных, так и обычных пользователей, с целью собрать и проанализировать информацию об их субъективном восприятии пользовательского интерфейса. Целью такой методики является, с одной стороны, фиксация заме-

чаний пользователей и их устранение, с другой – получение количественных характеристик оценки интерфейса. Существует множество подходов к опросу пользовательского мнения. Результаты опроса могут представляться как в формализованном виде в результате оценки пользовательского интерфейса по определенным критериям, так и на естественном языке, что достигается при помощи соответствующих дискуссий.

На ранних этапах разработки программного обеспечения целесообразно применять метод прототипирования [6]. Данный метод заключается в том, что пользователю вместо анкет предлагаются различные прототипы будущего интерфейса, а его задача состоит в том, чтобы провести сопоставительный анализ. Целью прототипирования является определение наиболее перспективного интерфейса, который затем будет использоваться в качестве основного. На практике представляется целесообразным доверить разработку прототипов разным специалистам и предоставить пользователю возможность выбрать лучший из них. Допустимо как составление полноценного прототипа, так и прототипа отдельных узловых частей. Для сравнения представленных прототипов следует также определить критерии их оценки (скорость ввода данных, простота принятия решения на основе представленной информации, субъективная оценка привлекательности прототипа и др.).

Оценка пользовательского интерфейса при помощи теста ожиданий состоит в том, что пользователю ставится определенная задача, а он указывает на конкретный элемент управления, с которого он начнет ее выполнение. Тест считается пройденным, если пользователь выбрал правильный компонент. Тест ожиданий позволяет понять, насколько предложенный интерфейс является интуитивно понятным для пользователя, а также выявить ошибки в группировке его управляющих элементов (например, меню).

Следует отметить, что такие методы оценки пользовательского интерфейса, как прототипирование и тест ожиданий, следует применять на начальных этапах разработки программного продукта. Применение указанных методов снижает вероятность получения неудовлетворительных результатов при оценке итоговой версии пользовательского интерфейса.

Среди наиболее простых и распространенных подходов можно выделить процесс оценки пользовательского интерфейса при помощи эвристик (например, стандарт ISO 9241). Под эвристикой следует понимать какое-либо наиболее общее правило, характерное для человеко-машинного взаимодействия. Совокупность таких правил представляет собой контрольный список или чек-лист (от англ. Check List). В ходе своей оценки



пользователь устанавливает, соответствуют ли элементы представленного интерфейса перечисленным в контрольном списке критериям. В случае обнаружения несоответствий их необходимо устранить.

Оценка пользовательского интерфейса может также осуществляться путем составления рейтингов завершенности (*по англ.* Completion Rate). Для составления такого рейтинга пользователю предоставляется список задач, характерных для рассматриваемого программного средства, которые ему необходимо решить путем взаимодействия с его интерфейсом. В случае успешного решения задачи пользователь присваивает ей значение «1», в случае неудачи – значение «0». На основе полученных данных подсчитывается рейтинг завершенности каждой задачи как отношение количества пользователей, успешно ее решивших, к общему числу пользователей. В результате анализа более, чем 1200 задач, поставленных перед пользователями, установлено, что среднее значение всех рейтингов завершенности составляет 78 % [7]. Таким образом, значения рейтинга ниже указанного уровня могут свидетельствовать о фатальных ошибках, допущенных при проектировании пользовательского интерфейса.

Другим подходом к оценке пользовательского интерфейса является анкетирование. В ходе анкетирования пользователю предлагается дать свою субъективную оценку заранее подготовленным утверждениям, характеризующим работу с программным средством. Каждое утверждение оценивается по определенной для каждой анкеты шкале. Основная цель анкетирования – дать возможность пользователю передать свое впечатление о пользовательском интерфейсе, в том числе о его usability. Для некоторых типовых анкет подсчитаны средние показатели, с помощью которых разработчики могут оценивать результаты собственного анкетирования. Например, в результате исследования 500 анкет, заполненных по форме, предложенной в [8], установлено, что средним показателем оценки интерфейса является значение 68 при максимальном значении 100 [6].

Для оценки привлекательности интерфейса и эмоционального восприятия его дизайна пользователю может быть предложено множество прилагательных, среди которых он выбирает такие прилагательные, которые наиболее выразительно характеризуют представленный ему интерфейс. Зачастую для определения общего концепта исследуемого интерфейса целесообразно добавить дополнительные прилагательные, не относящиеся непосредственно к задачам, для решения которых разрабатывался данный интерфейс.

Преимущество представленных подходов, в которых для оценки привлекаются пользователи, заключается в том, что человеческое восприятие приобретает формальный характер. К недостаткам можно отнести тот факт, что результат оценки сильно зависит от того, насколько точно и качественно были разработаны предлагаемые пользователю задания.

Рассмотрим методику оценки пользовательского интерфейса, при которой пользователи предлагают улучшения на естественном языке, используя метод фокус-групп. Этот подход помогает избежать обработки большого объема разнородных данных, поступающих от пользователей с различным уровнем подготовки.

Метод фокус-групп включает привлечение нескольких небольших групп заинтересованных пользователей, каждая из которых состоит из 7–10 человек. Участники этих групп могут быть разделены по различным критериям, но на практике целесообразно формировать группы по уровню знаний: опытные пользователи, пользователи среднего уровня и новички. На обсуждение, цель которого – выявление наиболее проблемных участков интерфейса и установление способов их устранения, предлагается прототип разрабатываемого интерфейса. В ходе обсуждения пользователи каждой группы выражают свое мнение относительно представленного прототипа. Полученные по окончании обсуждений сведения задают дальнейшее направление совершенствования разрабатываемого интерфейса. Заметим, что после устранения выявленных пользователями замечаний возможно повторное использование метода фокус-групп для анализа полученных результатов и выявления новых недостатков.

Эффект от метода фокус-групп и проведенных улучшений для  $i$ -й итерации применения этого метода можно рассчитать по формуле, предложенной в [9]:

$$I_i = \frac{P_i}{T_i} \times 100 \%, \quad (1)$$

где  $P_i$  – замечания пользователей, для которых предложено новое решение;  $T_i$  – общее количество замечаний пользователей на  $i$ -й итерации.

Однако формула (1) не учитывает возможности неудачного устранения выявленных пользователями ошибок, которые исправлялись повторно на следующей итерации. В [10] приведен общий критерий неудовлетворенности качеством интерфейса  $Q_n$  учитывающий  $n - 1$  повторных исправлений:

$$Q_n = \frac{\sum_{i=1}^n P'_i}{\sum_{i=0}^n T_i} \times 100 \%, \quad (2)$$

где  $\sum_{i=1}^n P'_i$  – общее количество замечаний, для которых предлагались повторные исправления;  $\sum_{i=0}^n T_i$  – общее количество замечаний на всех итерациях. Очевидно, что показателем успешности проводимых изменений является динамика:

$$Q_n \rightarrow 0 \text{ \%}.$$

Методы оценки эффективности форм представления данных, в которых участвуют пользователи, позволяют контролировать развитие пользовательского интерфейса с самого начала разработки. Они включают в себя постоянное обсуждение и корректировку интерфейса на промежуточных стадиях, а также окончательную количественную оценку на финальном этапе создания программного обеспечения.

### Методика оценки эффективности форм представления информации, основанная на формальном расчете

Одним из альтернативных способов оценки пользовательского интерфейса, исключая участие пользователей и осуществляемым автоматически, является метод, основанный на формальных расчетах эффективности графического интерфейса. Этот метод использует заранее известные формулы, в которые подставляются данные, касающиеся самого интерфейса и, в некоторых случаях, задачи, выполняемой виртуальным пользователем. Поскольку характеристики индивидуальных пользователей не учитываются, расчеты проводятся на основе средних значений.

Во время взаимодействия с графическим интерфейсом важную роль играет сложность визуального представления информации и расположение элементов управления. Соотношение сложности интерфейса и комфорта пользователя приведено на рисунке 2 [11].

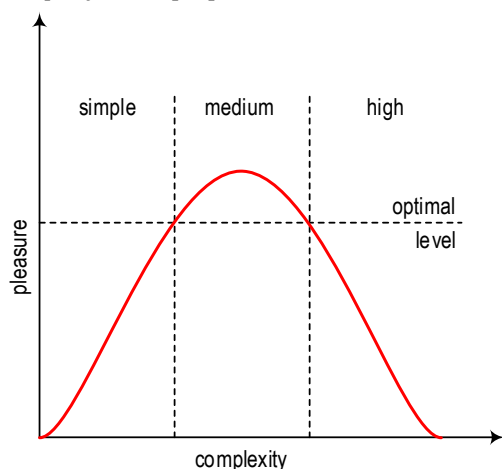


Рис. 2. Сложность интерфейса и уровень комфорта пользователя

Fig. 2. Interface Complexity and User Pleasure Level

Кривая показывает, что удобство интерфейса для пользователя возрастает с увеличением сложности до определенного оптимального уровня, после чего начинает снижаться (см. рисунок 2) – это иллюстрирует важность правильного выбора сложности интерфейса для достижения максимального удобства для пользователей.

Сложность визуального представления информации может быть подсчитана при помощи метрик ИСМ. Существуют разные подходы к определению таких метрик. Метод, предложенный в [12], позволяет проводить оценку сложности интерфейса, основываясь на человеческом восприятии элементов пользовательского интерфейса и их визуальном оформлении. Принцип, заложенный в данном методе, аналогичен процессу сжатия изображения по алгоритму JPEG: чем сложнее изображение, тем больший размер имеет файл, полученный в результате его сжатия.

Формула сложности пользовательского интерфейса  $X$ , реализующая данный принцип, имеет вид:

$$X = A \times O \times S, \quad (3)$$

где  $A$  – количество функциональных элементов (кнопки, флажки, переключатели, списки выбора и др.);  $O$  – количество группирующих элементов (меню, вкладки и др.);  $S$  – суммарная энтропия значений RGB, посчитанная на скриншоте экрана (от англ. Screenshot) исследуемого интерфейса. Формула (3) разработана для вычисления сложности представления информации на интернет-страницах. Для подсчета сложности пользовательского интерфейса, выполненного при помощи диалогового окна и элементов управления, целесообразно использовать следующую модификацию [12]:

$$X = A \times O. \quad (4)$$

Расположение элементов управления играет важную роль при попытке оценить пользовательский интерфейс с точки зрения эстетики представления информации. К метрикам оценки эстетического представления информации можно отнести равновесие, симметрию, последовательность, связность, пропорцию, простоту, регулярность, экономность, однородность, ритм, порядок и сложность. В [13] в качестве основных метрик эстетического представления используются понятия плотности и баланса. Плотность расположения элементов управления в окне зависит от его площади и суммарной площади элементов управления.

Таким образом, плотность прямо пропорциональна количеству пикселей, занимаемых элементами управления, и обратно пропорциональна общему количеству пикселей, занимаемых окном:

$$D = 1 - \frac{\sum_i^n a_i}{a_f} \in [0,1], \quad (5)$$

где  $a_i$  – площадь  $i$ -го элемента управления;  $a_f$  – площадь окна;  $n$  – количество элементов управления в окне.

Баланс можно определить как распределение визуальных весов в окне, когда под визуальным весом понимается восприятие того, что некоторые элементы управления или их группы «тяжелее», чем другие. Так, к примеру, чем больше объект, тем он выглядит «тяжелее». Сбалансированное представление элементов управления достигается их равномерным распределением по окну, в его нижней, верхней, правой и левой частях. Расчет баланса производится по формуле:

$$B = 1 - \frac{|B_v| + |B_h|}{2} \in [0,1], \quad (6)$$

где  $B_v$  и  $B_h$  – вертикальный и горизонтальный баланс, соответственно, расчет которых производится в соответствии с формулами (7 и 8):

$$B_v = \frac{W_L - W_R}{\max(W_L, W_R)}, \quad (7)$$

$$B_h = \frac{W_T - W_B}{\max(W_T, W_B)}, \quad (8)$$

$$w_j = \sum_i^{n_j} a_{ij} d_{ij}, j = L, R, T, B, \quad (9)$$

где буквы  $L$ ,  $R$ ,  $T$  и  $B$  обозначают левую и правую части, а также верх и низ окна, соответственно;  $a_{ij}$  – площадь элемента управления  $i$  на стороне  $j$ ;  $d_{ij}$  – расстояние между центральными линиями элемента управления и окна;  $n_j$  – общее количество элементов управления на стороне  $j$ .

Другим методом для оценки сбалансированности интерфейса и выявления ключевых зон, привлекающих внимание пользователя, является анализ движений глаз. Этот метод позволяет создать тепловую карту интерфейса, показывающую, где пользователь сосредотачивает свое внимание. Более интенсивные зоны отображаются яркими, «теплыми» цветами, такими как красный. Обычно, для реализации этого метода требуется специализированное программное и аппаратное обеспечение, что делает его довольно дорогим. Однако существуют системы, которые могут эмулировать и предсказывать внимание пользователя. Пример такой системы представлен в работе [14].

Среди различных методик, применяемых для формальной оценки пользовательских интерфейсов, выделяется метод GOMS. Этот метод позволяет определить, сколько времени в среднем требуется опытному пользователю для выполнения определенной задачи с использованием конкретного интерфейса.

Метод GOMS предполагает, что каждая задача (*по англ.* Goal) выполняется через определенный набор методов (*по англ.* Methods), которые представляют собой последовательность действий, необходимых для достижения цели в рамках интерфейса. Выбор методов или правил (*по англ.* Selection Rules) зависит от текущего контекста пользователя и его знаний о системе.

Каждый метод разбивается на элементарные действия, называемые операторами (*по англ.* Operators). Для достижения точных результатов оценки с использованием метода GOMS, предполагается, что пользователь полностью владеет интерфейсом.

Согласно методу KLM GOMS (*от англ.* Keystroke-Level Model – модель уровня нажатия на кнопку) [15], можно выделить четыре вида операторов:  $K$  – нажатие на кнопку на клавиатуре или мыши;  $P$  – наведение указателя мыши на нужный элемент управления;  $H$  – перемещение рук на клавиатуру или мышь;  $M$  – время, необходимое пользователю для приготовления к выполнению задачи.

Для указанных операторов можно подсчитать среднее время  $t$  их выполнения в секундах:

$$t(K) = 2; t(P) = 1,1; t(H) = 0,4; t(M) = 1,35.$$

Метод GOMS применяется для оценки эффективности форм представления информации путем вычисления среднего времени, которое потребуется пользователю для выполнения заданных задач. Интерфейс считается более удачным, если указанное время выполнения задач минимально.

Результаты, полученные с помощью метода GOMS, могут быть более точными, если включить в расчеты время, затрачиваемое пользователем на перемещение указателя мыши к нужному объекту:

$$T = a + b \times \log_2 \left( \frac{D}{S} + 1 \right), \quad (10)$$

где  $a$  – среднее время от начала до завершения движения;  $b$  – коэффициент, отражающий обычную скорость работы пользователя;  $D$  – расстояние от начальной точки курсора до целевого элемента;  $S$  – размер целевого объекта по направлению движения курсора. Формула (10) известна как закон Фиттса.

В случаях, когда пользователь обладает правом выбора из нескольких вариантов, среднее время, которое он затрачивает на выбор одного варианта, может быть вычислено по закону Хика:

$$T = a + b \times \log_2(n + 1), \quad (11)$$

где  $a$ ,  $b$  – константы;  $n$  – количество вариантов выбора. Значения констант  $a$  и  $b$  зависят от многих факторов, при этом, чем сложнее выбор из представленных вариантов, или чем хуже пользова-

тель знаком с представленным ему интерфейсом, тем больше значения этих констант. Одним из главных недостатков данного метода является предположение, что пользователь всегда действует безошибочно и знает, как достичь нужного результата при работе с интерфейсом.

Численные методы оценки эффективности форм представления информации позволяют сравнивать различные интерфейсы между собой или с эталонными показателями. Однако эти методы не могут предоставить ответ на вопрос, насколько конкретный интерфейс является понятным и удобным для пользователя.

### Комплексная методика оценки эффективности форм представления информации в системах поддержки принятия решений

Предлагаемая методика включает в себя два этапа оценки. На первом этапе оценивания используется метод анкетирования с привлечением группы пользователей, результатом которого должен быть обобщенный интегральный показатель качества пользовательского интерфейса. На втором этапе применяется метод GOMS с целью оценки скорости выполнения пользователем поставленных перед ним задач.

**Этап 1. Анкетирование.** На данном этапе группа экспертов  $M$  проходит анкетирование, результаты которого позволяют получить обобщенный интегральный показатель качества пользовательского интерфейса, на основе анализа множества отдельных характеристик интерфейса  $K$ . В опросе участвуют эксперты с различными уровнями компетентности, которые оценивают интерфейс по нескольким критериям. Ниже приводится пошаговая реализация этапа.

1) Каждый эксперт  $m^i \in M$  выставляют уровень своей компетенции по шкале от 0 до 3, где 0 – это отсутствие, а 3 – это максимальный уровень компетенций. Предполагается, что среди экспертов есть хотя бы один, чей уровень компетенции выше 0. Нормализованный уровень компетенции эксперта  $q^i$  вычисляется по формуле:

$$q^i = \frac{S^i}{\sum_{j=1}^{|M|} S_j^i}. \quad (12)$$

2) Каждый эксперт  $m^i \in M$  выбирает  $K_i \subseteq K$  и ранжирует  $k_j^i \in K_i$  подмножество оцениваемых характеристик. Для этого между двумя соседними характеристиками  $k_j^i$  и  $k_{j+1}^i$  эксперт определяет соотношения важности, выставляя условия «>>» (много больше), «>» (больше) или «=» (равно).

3) Весовые коэффициенты  $x_j^i$  и  $x_{j+1}^i$ , характеризующие относительную значимость факторов, устанавливаются на основе ранжирования характеристик  $k_j^i$  и  $k_{j+1}^i$  следующим образом:

- если  $k_j^i = k_{j+1}^i$ , то  $\frac{x_j^i}{x_{j+1}^i} = \frac{1}{1}$ ;
- если  $k_j^i > k_{j+1}^i$ , то  $\frac{x_j^i}{x_{j+1}^i} = \frac{1/j}{1/(j+1)} = \frac{j+1}{j}$  (гармоническое соотношение);
- если  $k_j^i \gg k_{j+1}^i$ , то  $\frac{x_j^i}{x_{j+1}^i} = \frac{1}{1/2} = \frac{2}{1}$  (геометрическое соотношение).

4) Для первой и наиболее значимой характеристики ее весовой коэффициент  $x_j^i$  устанавливается равным 1. При проведении оценки экспертам не обязательно выбирать все доступные характеристики, поскольку ранжирование уменьшает весовые коэффициенты. На практике, после нормализации весовых коэффициентов, можно сосредоточиться только на тех характеристиках, чьи весовые коэффициенты превышают 10 % от значения самой важной характеристики.

5) Нормализованные весовые коэффициенты  $\{x_j^i\}_{j=1}^{|K_i|}$  рассчитываются для получения интегрального показателя качества интерфейса по следующей формуле:

$$p_j^i = \frac{x_j^i}{\sum_{j=1}^{|K_i|} x_j^i}, \quad 0 \leq p_j^i \leq 1. \quad (13)$$

6) В результате нормализации будет справедливо следующее соотношение:

$$\sum_{j=1}^{|K_i|} p_j^i. \quad (14)$$

7) Каждый эксперт  $m^i \in M$  оценивает каждую характеристику  $k_j^i \in K_i$  по шкале от 0 до 5 баллов, где 5 – это наименьшая, а 0 – наивысшая степень удовлетворенности экспертом соответствующей характеристикой интерфейса.

8) Интегральный показатель качества пользовательского интерфейса рассчитывается для каждого эксперта следующим образом:

$$W^i = \frac{\sum_{j=1}^{|K_i|} (p_j^i \times X_j^i)}{5}, \quad (15)$$

где  $X_j^i$  – количество баллов, которое  $i$ -й эксперт присвоил  $j$ -й характеристике. Из формулы (15) следует, что: если каждый  $X_j^i \rightarrow 0$ , то  $W^i \rightarrow 0$ ; если каждый  $X_j^i \rightarrow 5$ , то  $W^i \rightarrow 1$ . Таким образом,  $W^i \in [0, 1]$ .

9) Обобщенный интегральный показатель качества интерфейса  $W$  рассчитывается как средневзвешенное значение на множестве  $\{W^i\}$  с учетом нормированных весовых коэффициентов  $q^i$ , отражающих компетентность каждого эксперта:

$$W = \sum_{i=1}^{|M|} (q^i \times W^i). \quad (16)$$



10) Класс качества пользовательского интерфейса определяется согласно таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Уровни ранжирования и классы качества

TABLE 1. Ranking Levels and Quality Classes

Значение $W$	Уровень	Класс качества
0–0,25	отличный	0
0,25–0,5	хороший	1
0,5–0,75	удовлетворительный	2
0,75–1,0	неудовлетворительный	3

**Этап 2. Применение метода GOMS.** На данном этапе используется метод GOMS для оценки скорости выполнения задач пользователем. Этот метод позволяет определить среднее время, необходимое пользователю для выполнения определенной задачи, с использованием интерфейса; интерфейс считается тем лучше, чем меньше времени требуется пользователю на выполнение задач. Ниже приводится пошаговая реализация этапа.

1) Задачи разбиваются на элементарные действия (операторы). Для выполнения задачи  $s \in S^N$  (где  $S$  – это множество всех возможных задач, которые можно выполнить с использованием оцениваемого интерфейса, а подмножество  $S^N \subseteq S$  включает наиболее часто решаемые задачи) пользователь должен последовательно выполнить ряд элементарных операторов  $\{a_i\}_{i=1}^{m^s}$ ,  $a_i \in \{K, P, H, M\}$ , где  $K, P, H, M$  – см. выше в описании метода GOMS, а  $m^s$  – методы, используемые для решения задачи  $s$ .

2) Среднее время  $G(s)$  выполнения задачи вычисляется как сумма времени выполнения всех операторов  $a_i$  при помощи метода GOMS по формуле (предполагается, что пользователь хорошо знаком с данным интерфейсом и выполняет задачи без ошибок):

$$G(s) = \sum_{i=1}^{m^s} t(a_i). \quad (17)$$

3) Интегральный показатель времени  $T$ , характеризующий время, необходимое для решения задачи при помощи анализируемого интерфейса рассчитывается по формуле:

$$T = \sum_{i=1}^N (G(s_i) \times w_i), \quad (18)$$

где  $\{w\}_{i=1}^N$  – набор весов, заданных следующим образом:

$$w_i = \frac{h_i}{\sum_{j=1}^N h_j}, w_i \in [0,1],$$

где, в свою очередь,  $h_i$  – частота выполнения задачи  $t_i$ .

4) Класс скорости пользовательского интерфейса определяется согласно таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Уровни ранжирования и классы скорости

TABLE 2. Ranking Levels and Speed Classes

Значение $T$ , сек	Уровень	Класс скорости
1–5	отличный	0
5–8	хороший	1
8–10	удовлетворительный	2
более 10	неудовлетворительный	3

Комплексная оценка эффективности интерфейса может быть рассчитана по формуле:

$$C(I) = \min\{C_q(I), C_v(I)\}. \quad (19)$$

Полученная в результате оценка позволяет не только объективно измерить качество интерфейса, но и выявить ключевые области для улучшения. Классификация интерфейсов на четыре уровня качества обеспечивает наглядное представление об их состоянии, что значительно упрощает процесс принятия решений по их доработке и оптимизации. Таким образом, данная оценка способствует созданию более интуитивно понятных и удобных интерфейсов систем ИБ, что, в конечном счете, повышает общую безопасность и эффективность работы информационных систем.

## Заключение

В данной статье описаны различные методики оценки графического пользовательского интерфейса. Все рассмотренные методики можно разделить на два класса.

К первому классу относятся методики с привлечением группы пользователей-экспертов. Преимуществами данных методик являются возможность оценивать эмоциональное восприятие интерфейса человеком, его соответствие общепринятым нормам, а также возможность учитывать замечания пользователей и своевременно вносить необходимые изменения в проектируемый интерфейс. Недостатками указанных методик является их трудоемкость, слабая формализация получаемых результатов, сильная зависимость результатов от правильности формулировок поставленных перед пользователями задач и невозможность автоматизировать сам процесс оценивания.

Ко второму классу относятся методики, основанные на формальных расчетах. Их преимуществами являются простота и дешевизна проведения процесса оценивания с возможностью его автоматизации. К недостаткам таких методик следует отнести отсутствие возможности оценить, насколько дружелюбным и комфортным для человека является исследуемый интерфейс. В ряде случаев формальные оценки являются опосредованными оценками самих пользователей.

Также в статье представлена комплексная методика для оценки эффективности визуальных интерфейсов систем поддержки принятия решений для мониторинга и управления ИБ компьютерных сетей. Этот подход объединяет метод экспертной оценки с участием группы пользователей и метод, основанный на формальных расчетах. Применение данной методики позволяет классифицировать пользовательский интерфейс на один из четырех уровней: «отличный», «хороший», «удовлетворительный» и «неудовлетворительный».

Исследование продемонстрировало важность интеграции как субъективных, так и объективных методов анализа для оценки визуальных интер-

фейсов систем управления ИБ. В будущем планируется расширить данное исследование, включив в него дополнительные аспекты, такие как влияние когнитивных нагрузок на операторов при работе с интерфейсом и адаптивные методы визуализации, которые будут подстраиваться под индивидуальные особенности пользователей. Также предполагается разработка автоматизированных инструментов для непрерывного мониторинга и оценки качества интерфейсов в реальном времени, что позволит оперативно выявлять и устранять их уязвимости. Эти направления исследований будут способствовать дальнейшему повышению эффективности и надежности систем управления ИБ.

#### Список источников

1. Левшун Д.С., Гайфулина Д.А., Чечулин А.А., Котенко И.В. Проблемные вопросы информационной безопасности киберфизических систем // Информатика и автоматизация. 2020. № 5(19). С. 1050–1088. DOI:10.15622/ia.2020.19.5.6. EDN:NIWASO
2. Gan M., Lyu M. Investigation on Visual Communication Design Based on Information Systems // Proceedings of the 2nd International Conference on Data Analytics, Computing and Artificial Intelligence (ICDACAI, Zakopane, Poland, 17–19 October 2023). IEEE, 2023. PP. 720–725. DOI:10.1109/ICDACAI59742.2023.00143
3. Kolomeec M.V., Gonzalez-Granadillo G., Doynikova E.V., Chechulin A.A., Kotenko I.V., Debar H. Choosing Models for Security Metrics Visualization // Proceedings of the 7th International Conference on Mathematical Methods, Models, and Architectures for Computer Network Security (MMM-ACNS 2017, Warsaw, Poland, 28–30 August 2017). Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer, 2017. Vol. 10446. PP. 75–87. DOI:10.1007/978-3-319-65127-9\_7
4. Вострых А.В. Метод и алгоритмы многокритериальной оценки графических пользовательских интерфейсов программных продуктов МЧС России // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2022. № 4(40). С. 57–64. DOI:10.37468/2307-1400-2023-2022-4-57-64. EDN:GCHUOC
5. Сервис Feng-GUI для оценки качества графического интерфейса пользователя // Feng-Gui. URL: <http://www.feng-gui.com> (Accessed 06.05.2024)
6. Scott B. The Art of UI Prototyping. 2006. URL: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms993294.aspx> (Accessed 06.05.2024)
7. Sauro J. 10 Benchmarks for User Experience Metrics. 2012. URL: <https://measuringu.com/ux-benchmarks> (Accessed 06.05.2024)
8. System Usability Scale (SUS) // Usability.gov. URL: <http://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html> (Accessed 06.05.2024)
9. Sawyer P., Flanders A., Wixon D. Making a Difference – The Impact of Inspections // Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (Vancouver, Canada, 13–18 April 1996). New York: ACM Press, 1996. PP. 376–382. DOI:10.1145/238386.238579
10. Medlock M.C., Wixon D., Terrano M., Romero R.L., Fulton B. Using the RITE method to improve products; a definition and a case study. URL: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=5340ef8a91900840263a0436b0433a389b7097b2> (Accessed 06.05.2024)
11. Novikova E., Kotenko I., Fedotov E. Interactive Multi-View Visualization for Fraud Detection in Mobile Money Transfer Services // International Journal of Mobile Computing and Multimedia Communications. 2014. Vol. 6. Iss. 4. PP. 73–97. DOI:10.4018/IJCMCMC.2014100105
12. Stickel C., Ebner M., Holzinger A. The XAOS Metric – Understanding Visual Complexity as Measure of Usability // Proceedings of the 6th Symposium of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering (USAB 2010, Klagenfurt, Austria, 4–5 November 2010). Lecture Notes in Computer Science. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009. Vol. 6389. PP. 278–290. DOI:10.1007/978-3-642-16607-5\_18
13. Vanderdonckt J. Automated evaluation of graphical user interface metrics. Louvain-la-Neuve: Année académique, 2010–2011.
14. Card S., Moran T.P., Newell A. The Psychology of Human-Computer Interaction. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1983. 469 p.
15. Card S.K., Moran T.P., Newell A. The Key Stroke-Level Model for User Performance Time with Interactive Systems // Communications of the ACM. 1980. Vol. 23. Iss. 7. PP. 396–410. DOI:10.1145/358886.358895

#### References

1. Levshun D., Gaifulina D., Chechulin A., Kotenko I. Problematic Issues of Information Security of Cyber-Physical Systems. *Informatics and Automation*. 2020;5(19):1050–1088. (in Russ.) DOI:10.15622/ia.2020.19.5.6. EDN:NIWASO
2. Gan M., Lyu M. Investigation on Visual Communication Design Based on Information Systems. *Proceedings of the 2nd*

*International Conference on Data Analytics, Computing and Artificial Intelligence, ICDACAI, 17–19 October 2023, Zakopane, Poland.* IEEE; 2023. p.720–725. DOI:10.1109/ICDACAI59742.2023.00143

3. Kolomeec M.V., Gonzalez-Granadillo G., Doynikova E.V., Chechulin A.A., Kotenko I.V., Debar H. Choosing Models for Security Metrics Visualization. *Proceedings of the 7th International Conference on Mathematical Methods, Models, and Architectures for Computer Network Security, MMM-ACNS 2017, 28–30 August 2017, Warsaw, Poland. Lecture Notes in Computer Science, vol.10446.* Cham: Springer; 2017. p.75–87. DOI:10.1007/978-3-319-65127-9\_7

4. Vostryh A. Method and algorithms of multi-criteria evaluation of graphical user interfaces of software products of the Ministry of emergency situations of Russia. *National Security and Strategic Planning.* 2022;4(40):57–64. (in Russ.) DOI:10.37468/2307-1400-2023-2022-4-57-64. EDN:GCHUOC

5. *Feng-Gui.* Feng-GUI service for assessing the quality of the graphical user interface. URL: <http://www.feng-gui.com> [Accessed 06.05.2024]

6. Scott B. *The Art of UI Prototyping.* 2006. URL: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms993294.aspx> [Accessed 06.05.2024]

7. Sauro J. *10 Benchmarks for User Experience Metrics.* 2012. URL: <https://measuringu.com/ux-benchmarks> [Accessed 06.05.2024]

8. *Usability.gov.* System Usability Scale (SUS). URL: <http://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html> [Accessed 06.05.2024]

9. Sawyer P., Flanders A., Wixon D. Making a Difference – The Impact of Inspections. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 13–18 April 1996, Vancouver, Canada.* New York: ACM Press; 1996. p.376–382. DOI:10.1145/238386.238579

10. Medlock M.C., Wixon D., Terrano M., Romero R.L., Fulton B. *Using the RITE method to improve products; a definition and a case study.* URL: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=5340ef8a91900840263a4036b0433a389b7097b2> [Accessed 06.05.2024]

11. Novikova E., Kotenko I., Fedotov E. Interactive Multi-View Visualization for Fraud Detection in Mobile Money Transfer Services. *International Journal of Mobile Computing and Multimedia Communications.* 2014;6(4):73–97. DOI:10.4018/IJMCMC.2014100105

12. Stickel C., Ebner M., Holzinger A. The XAOS Metric – Understanding Visual Complexity as Measure of Usability. *Proceedings of the 6th Symposium of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering, USAB 2010, 4–5 November 2010, Klagenfurt, Austria. Lecture Notes in Computer Science, vol.6389.* Berlin, Heidelberg: Springer; 2009. p.278–290. DOI:10.1007/978-3-642-16607-5\_18

13. Vanderdonckt J. *Automated evaluation of graphical user interface metrics.* Louvain-la-Neuve: Année académique; 2010–2011.

14. Card S., Moran T.P., Newell A. *The Psychology of Human-Computer Interaction.* Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates; 1983. 469 p.


15. Card S.K., Moran T.P., Newell A. The Key Stroke-Level Model for User Performance Time with Interactive Systems. *Communications of the ACM.* 1980;23(7):396–410. DOI:10.1145/358886.358895

Статья поступила в редакцию 07.05.2024; одобрена после рецензирования 30.05.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 07.05.2024; approved after reviewing 30.05.2024; accepted for publication 10.06.2024.

## Информация об авторе:

**ЧЕЧУЛИН**  
**Андрей Алексеевич**

кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем компьютерной безопасности Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра Российской академии наук, доцент кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича  
 <https://orcid.org/0000-0001-7056-6972>

Автор сообщает об отсутствии конфликтов интересов.

The author declares no conflicts of interests.