

УДК 007.3

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-740-746

СПОСОБ ОЦЕНКИ ЛОГИЧЕСКОЙ СЛОЖНОСТИ И СТЕРЕОТИПНОСТИ АЛГОРИТМОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ

Н.А. Назаренко^a, П.И. Падерно^a, Ф.Э. Сатторов^{b,c}

^a Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, 197376, Российская Федерация

^b Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация

^c Ассоциация развития лидерства молодежи, Санкт-Петербург, 193149, Российская Федерация

Адрес для переписки: ldambassadorus@gmail.com

Информация о статье

Поступила в редакцию 15.02.19, принята к печати 23.05.19

Язык статьи — русский

Ссылка для цитирования: Назаренко Н.А., Падерно П.И., Сатторов Ф.Э. Способ оценки логической сложности и стереотипности алгоритмов деятельности операторов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 4. С. 740–746. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-740-746

Аннотация

Предмет исследования. Проведен анализ специфики оценки алгоритмов деятельности операторов в процессе проектирования информационных систем и технологий. Рассмотрены особенности используемых в соответствии с нормативно-техническими документами подходов к оценке коэффициентов стереотипности и логической сложности выполнения алгоритмов деятельности. Выявлен ряд недостатков методов, используемых для оценки коэффициентов стереотипности и логической сложности алгоритмов деятельности, не позволяющих проектировщикам использовать эти методы, что в значительной степени осложняет процесс разработки и создания современных человеко-машинных комплексов различного назначения. **Метод.** Разработан новый подход к оценке коэффициентов стереотипности и логической сложности алгоритмов деятельности на ранних этапах проектирования сложных информационных систем, базирующийся на упрощении процедуры оценки. **Основные результаты.** Показаны преимущества использования этого подхода на практике. Предлагаемый подход, являясь инструментом разработчика информационной системы, в значительной степени упрощает его расчетную деятельность. Кроме того, предлагаемое в рамках подхода представление зависимостей облегчает понимание получаемых промежуточных и окончательных оценок. Подход положен в основу проектируемого информационного модуля поддержки деятельности разработчика при решении задач, связанных с оценкой алгоритмов деятельности операторов разрабатываемых сложных информационных систем и комплексов различного назначения. **Практическая значимость.** Данный подход может служить методологическим базисом для автоматизированного модуля информационной поддержки разработчиков сложных человеко-машинных комплексов и информационных систем. Использование данного модуля в значительной степени позволит не только повысить качество проектируемых комплексов и систем за счет возможности автоматизированной многократной последовательной оценки различных вариантов (алгоритмов деятельности операторов) решения поставленных перед ней задач, но и повысить эффективность самого процесса разработки, в том числе и снижения сроков.

Ключевые слова

алгоритм деятельности, логическая сложность, стереотипность, элементарные операции, логические условия, человеко-машинные системы

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-740-746

ESTIMATION METHOD FOR LOGICAL DIFFICULTY AND STEREOTYPE OF OPERATORS' ACTIVITY ALGORITHMS

N.A. Nazarenko^a, P.I. Paderno^a, F.E. Sattorov^{b,c}

^a Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", Saint Petersburg, 197376, Russian Federation

^b ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation

^c Youth Leadership Development Association, Saint Petersburg, 190005, Russian Federation

Corresponding author: ldambassadorus@gmail.com

Article info

Received 15.02.19, accepted 23.05.19

Article in Russian

For citation: Nazarenko N.A., Paderno P.I., Sattorov F.E. Estimation method for logical difficulty and stereotype of operators' activity algorithms. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2019, vol. 19, no. 4, pp. 740–746 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-740-746

Abstract

Subject of Research. The paper presents analysis of specific character of the operators' activity evaluation in design process of information systems and technologies. We consider the peculiarities of the approaches used in accordance with the regulatory and technical documents to assess the stereotype coefficients and the logical complexity of activity algorithms. The methods used for assessment of the stereotype coefficients and the logical complexity of activity algorithms have a number of shortcomings that do not enable designers to apply these methods and complicate significantly the design and creation process of modern different-purpose human-machine complexes. **Method.** A novel approach was developed for assessment of stereotype coefficients and logical complexity of activity algorithms at the early stages of complex information system design, based on simplifying the assessment procedure. **Main Results.** The advantages of applying this approach in practice are shown. The proposed approach is a tool for an information system developer and simplifies his design activity to a large extent. In addition, we propose such presentation of dependencies that it makes easier the understanding of the obtained intermediate and final estimates. The approach forms the basis of the designed information module for developer's activity support in solving problems related to the evaluation of the operators' activity algorithms in creation of different-purpose complex information systems and complexes. **Practical Relevance.** This approach can serve as a methodological basis for an automated module of information support for developers of complex man-machine complexes and information systems. The use of this module will give the possibility to improve significantly the quality of the designed complexes and systems, due to the automated multiple consecutive evaluation of various options (operators' activity algorithms) for solving the tasks assigned to it, and also increase the efficiency of the development process itself, in particular, reducing deadlines.

Keywords

activity algorithm, logical complexity, stereotype, elementary operations, logical conditions, man-machine systems

Введение

В настоящее время при разработке и проектировании различных человеко-машинных систем и комплексов уже на ранних этапах проектирования в соответствии с требованиями нормативно-методических документов^{1,2,3} необходимо проводить оценку показателей стереотипности и логической сложности алгоритмов деятельности (АД) операторов. При этом следует заметить, что эту оценку должен проводить разработчик, имеющий не только весьма слабое представление об эргономике, но и не обладающий необходимыми знаниями для проведения такой оценки. Кроме того, использование рекомендуемых оценочных методов и соотношений, весьма затруднено ввиду нечеткого описания самой методики, отдельных компонент АД, а также непонятной интерпретации (трактовки) получаемых результатов. Таким образом, возникает необходимость предоставления разработчикам удобного и понятного инструментария для оценки нормированных показателей логической сложности и стереотипности.

Оценка алгоритмов деятельности. Состояние на сегодня

Одной из особенностей оценки показателей логической сложности и стереотипности на этапе проектирования является тот факт, что оценивать их приходится на основании описания этих алгоритмов, так как на ранних этапах проектирования еще нет реальной системы. Под описанием АД при этом понимают руководства (инструкции) оператору, регламентирующие порядок решения конкретных задач.

На начальном этапе развития методов описания и оценки АД выделялось в основном три направления — операционно-психологический метод Г.М. Зараковского [1], структурно-алгоритмический метод Г.В. Суходольского [2], обобщенный структурный метод А.И. Губинского и В.Г. Евграфова [3], впоследствии выросший в функционально-структурную теорию [4]. Эти методы были рассчитаны в основном на специалистов и крайне редко использовались проектировщиками и разработчиками. Необходимо заметить, что первые два метода с тех пор теоретически и не развивались, в то время как обобщенный структурный метод (функционально-структурная теория) постоянно развивается в двух направлениях:

- использования аппарата теории нечетких множеств [5];
- введение в рассмотрение векторов ошибок, т. е. ошибок различных видов в АД [6–10].

При этом необходимо заметить, что зависимости, предложенные в [11] для оценки стереотипности и логической сложности еще в 1970 г. были включены в нормативно-техническую документацию^{4,5,6} и с тех

¹ ГОСТ РВ 29.00.002-2005. ССЭТО. Эргономическое обеспечение. Основные положения.

² ГОСТ В 29.08.002-84. ССЭТО. Показатели качества деятельности операторов. Номенклатура.

³ ГОСТ РВ 29.04.002-84. ССЭТО. Алгоритм и структура деятельности оператора. Общие эргономические требования.

⁴ ГОСТ В 29.08.002-84. ССЭТО. Показатели качества деятельности операторов. Номенклатура.

⁵ ГОСТ РВ 29.04.002-84. ССЭТО. Алгоритм и структура деятельности оператора. Общие эргономические требования.

⁶ ГОСТ РВ 29.08.005-2000. ССЭТО. Алгоритмы деятельности операторов образцов вооружения и военной техники. Методы контроля эргономических требований.

пор теоретически не развивались, хотя в некоторых работах и нашли весьма успешное применение как для обучения студентов [12], так и при решении конкретных задач исследования и разработки [13–15].

Необходимо заметить, что указанные нормативно-технические документы регламентируют только подход (использование формульных зависимостей), предложенный в [11], никак его не поясняя, и не содержат указаний на способы построения исходных АД.

Количество типов АД, реализуемых оператором при решении различных задач, определяется на основе анализа эксплуатационной документации, причем коэффициенты загруженности и темповой напряженности оператора могут быть оценены экспериментально в процессе опытной эксплуатации [1].

Нормированные показатели стереотипности $K_{СТ}$ и логической сложности $K_{Л}$ относятся к конкретным АД, и здесь возникает проблема представления АД по словесному описанию. Следует учесть, что разработка АД, а как следствие, и расчет нормированных показателей, очень сильно зависят от уровня квалификации специалиста, выполняющего данную оценку. Особенно остро эта проблема возникает при использовании новых информационных решений и технологий, деятельность оператора в рамках которых пока мало изучена.

Составляющими АД являются следующие оперативные единицы: восприятие; ассоциативное извлечение из памяти образов и понятий; простые и сложные моторные действия; различные простые и сложные мыслительные операции. В [11] и разработанном с включением полученных результатов¹, для оценки нормированных показателей стереотипности $K_{СТ}$ и логической сложности $K_{Л}$ был предложен следующий подход.

Этап 1. Разбиение на группы.

Алгоритм деятельности разбивается на комплексные группы, включающие:

— для стереотипности — одну непрерывную группу элементарных операций (без логических условий) и следующую за ней одну непрерывную группу логических условий (разбиение начинается с первой группы элементарных операций);

— для логической сложности — одну непрерывную группу логических условий и следующую за ней непрерывную группу элементарных операций (разбиение начинается с первой группы логических условий).

Этап 2. Расчетные зависимости.

2.1. Показатель $K_{СТ}$ оценивается по наличию в АД непрерывных последовательных действий без логических условий и вычисляется по формуле:

$$K_{СТ} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k \frac{m_{0i}^2}{M_i}, \quad (1)$$

где N — общее количество элементарных операций и логических условий; m_{0i} — число элементарных операций в i -й комплексной группе; M_i — общее число элементарных операций и логических условий в i -й комплексной группе; k — число непрерывных групп элементарных операций в АД.

2.2. Показатель $K_{Л}$ дает оценку динамической деятельности оператора. Показатель зависит от числа групп логических условий и длины этих групп. Значение показателя $K_{Л}$ вычисляются по формуле (2).

$$K_{Л} = \frac{1}{N^*} \sum_{j=1}^m \frac{m_j^2}{m_j}, \quad (2)$$

где N^* — общее количество элементарных операций и логических условий, начиная с первого логического условия; m — число непрерывных логических условий в АД; m_j — число логических условий в j -й комплексной группе; m_j — число элементарных операций и логических условий в j -й комплексной группе.

Этап 3. Оценка результатов расчетов (требования).

Согласно [2] и требованиям ГОСТ²³ для правильно спроектированного АД должны выполняться соотношения: $0,25 \leq K_{СТ} \leq 0,2$ и $K_{Л} \leq 0,2$, причем, если $K_{СТ} > 0,9$, то часть функций оператора следует автоматизировать.

Замечания.

1. В выражениях (1) и (2) используются различные способы для учета общего числа элементарных и логических операций, присутствующих в оцениваемом АД, при проведении схожих расчетов.

2. Если АД начинается с некоторого количества элементарных операций, а это обычно так и трактуется, то при расчете нормированного коэффициента логической сложности АД все эти операции, предваряющие первую логическую операцию, вообще не учитываются. Возникает следующий парадокс, связанный с тем, что в таком случае добавление в начало логической операции может снижать нормированный коэффициент логической сложности АД, что указывает на небольшую некорректность используемого подхода.

3. Если АД заканчивается некоторым количеством элементарных операций, то при расчете нормированного коэффициента стереотипности возникает вопрос о необходимости учета этих операций.

¹ ГОСТ В 29.08.002-84. ССЭТО. Показатели качества деятельности операторов. Номенклатура.

² ГОСТ В 29.08.002-84. ССЭТО. Показатели качества деятельности операторов. Номенклатура.

³ ГОСТ РВ 29.04.002-84. ССЭТО. Алгоритм и структура деятельности оператора. Общие эргономические требования.

4. Физический смысл формул (1) и (2) непонятен для проектировщика, который на основании использования этих формул получает численные характеристики и не имеет никакого понятия, что с ними делать дальше.

5. Отсутствует понятная интерпретация численных значений (критериев), используемых на третьем этапе для оценки результатов расчетов.

6. Используемый подход не ориентирован на необходимость многократного полного пересчета при небольших изменениях в отдельных группах, которая неизбежно возникает при модификации АД на последующих этапах проектирования.

7. При использовании выражений (1) и (2) по умолчанию предполагается, что АД является линейным, т. е. все операции выполняются друг за другом, отсутствуют обратные связи и ветвления. Таким образом, используемый подход не ориентирован на расширение оценок стереотипности и логической сложности АД, включающих циклы (в том числе условные) (итерации), различные условные переходы, возможное осуществление выбора дальнейшего решения задачи и др.

8. Разработка АД очень сильно зависит от точки зрения разработчика на профессиональную деятельность оператора, а также от его навыков и умений по разработке АД и выделению (определению) элементарных операций и логических условий.

Приведенные замечания обусловлены тем фактом, что разработчики традиционного подхода использовали, по-видимому, для представления АД подход А.А. Ляпунова (логические схемы алгоритмов) [4], представляющий алгоритм в линейном виде.

Все перечисленные замечания и отмеченные недостатки приводят к снижению эффективности приведенного метода и к уменьшению числа случаев его применения. Необходимо заметить, что некоторые из приведенных замечаний были высказаны в процессе переподготовки специалистов с предприятий по дисциплинам «Эргономическое обеспечение» и «Эргономическая экспертиза», осуществляемой в СПбГЭТУ «ЛЭТИ им. В.И. Ульянова (Ленина)» на протяжении последних 5 лет.

Предлагаемый подход

Исходя из основных перечисленных недостатков (замечания 1–5) и с целью предоставления проектировщику (разработчику) удобного и понятного инструмента, предлагается следующий *новый* подход к упрощению процесса получения оценки нормированных коэффициентов стереотипности и логической сложности АД.

Идея предлагаемого подхода состоит в том, что в качестве начальной операции алгоритма, а также в качестве последней операции алгоритма добавляются логические условия. Эти логические элементы можно соотнести с типовыми функциональными единицами – стартером и финишером, введенными в функциональной структурной теории [3]. В результате появляется модифицированный алгоритм деятельности, незначительно (на два логических условия) отличающийся от первоначального.

Такой подход обладает следующими преимуществами для разработчиков.

Этап 1. Разбиение на группы.

Алгоритм деятельности разбивается на комплексные группы следующим образом.

1.1. При оценке стереотипности добавление в конец АД в качестве последней операции логического условия следует трактовать как проверку окончания решения задачи. После этого проводится разбиение АД на комплексные группы, каждая из которых содержит непрерывную группу элементарных операций и следующую за ней одну непрерывную группу логических условий (разбиение начинается с начальной группы элементарных операций). При этом все операции модифицированного АД (кроме первой) являются задействованными в расчетах.

1.2. При оценке логической сложности добавление в качестве начальной операции АД логического условия следует трактовать как принятие решения о начале выполнения АД. После этого проводится разбиение АД на комплексные группы, каждая из которых содержит непрерывную группу логических условий и следующую за ней одну непрерывную группу элементарных операций (разбиение начинается с первого логического условия). При этом, так же как и в предыдущем случае, все операции модифицированного АД (кроме первой) являются задействованными в расчетах.

При этом необходимо заметить, что в отличие от [11] в данном подходе и при оценке стереотипности, и при оценке логической сложности используется одинаковое число элементарных операций и логических условий, что упрощает для разработчика как само построение алгоритма, так и последующую оценку его нормированных показателей стереотипности и логической сложности.

Этап 2. Расчетные зависимости.

Для того чтобы формулы приобрели вид, более понятный для использующих их разработчиков, предлагается внести следующие изменения в представление расчетных зависимостей:

2.1. Показатель стереотипности (K_{CT}).

$$K_{CT} = \frac{1}{N+1} \sum_{i=1}^k \frac{m_{oi}^2}{M_i} = \sum_{i=1}^k \left(\frac{m_{oi}}{M_i} \right)^2 \cdot \frac{M_i}{N+1} = \sum_{i=1}^k \left(\frac{m_{oi}}{M_i} \right)^2 \cdot M_i / \sum_{i=1}^k M_i. \quad (3)$$

2.2. Показатель логической сложности (K_L).

$$K_L = \frac{1}{N+1} \sum_{j=1}^m \frac{m_j^2}{m_j} = \sum_{j=1}^m \left(\frac{m_j}{m_j} \right) \cdot \frac{m_j}{N+1} = \sum_{j=1}^m \left(\frac{m_j}{m_j} \right) \cdot m_j / \sum_{j=1}^m m_j. \quad (4)$$

При этом необходимо заметить, что выполняются следующие соотношения:

$$\sum_{i=1}^k M_i = \sum_{j=1}^m m_j = N+1, \quad k = m. \quad (5)$$

2.3. Преимущества.

2.3.1. Из соотношения (5) видно, что общее количество операций, а также логических условий, учитываемых при проведении первого и второго расчетов, становится одинаковым для обоих случаев, что теперь не вызывает недоумения у проектировщиков при проведении расчетов.

2.3.2. Из соотношения (5) также видно, что число комплексных групп для обоих вариантов расчета теперь совпадает, что также делает проведение расчета более понятным.

2.3.3. Выражения $\frac{M_i}{(N+1)} = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^k M_i}$ и $\frac{m_j}{(N+1)} = \frac{m_j}{\sum_{j=1}^m m_j}$ представляют собой и могут быть легко интерпретированы, как весовые коэффициенты комплексных групп, равные их доле в общем количестве всех элементов, что также понятно проектировщику.

2.3.4. Из соотношений (3) и (4) видно, что выражения $\frac{m_{0i}^2}{M_i^2}$ и $\frac{m_j^2}{m_j^2}$ являются некоторыми коэффициентами стереотипности и логической сложности для соответствующих комплексных групп, входящих в АД.

2.3.5. Из свойств 2.3.3 и 2.3.4 следует, что нормированные коэффициенты стереотипности и логической сложности $K_{СТ}$ и K_L являются средневзвешенными значениями с весами, равными весам соответствующих комплексных групп в общем алгоритме (по общему количеству операций).

Этап 3. Анализ полученных результатов.

3.1. Сравнение с предельно допустимыми значениями.

Согласно ГОСТ¹ для правильно спроектированного АД $K_{СТ}$ должен изменяться в пределах 0,25–0,85, максимального значения $K_{СТ}$ достигает, когда последовательность действий оператора строго детерминирована, если $K_{СТ} > 0,9$, то часть функций оператора следует передавать автоматизированным средствам (компонентам). Если для коэффициента логической сложности выполняется соотношение $K_L \leq 0,2$, то он удовлетворяет требованиям данного стандарта.

3.2. Интерпретация результатов.

Для проектировщиков более удобной интерпретацией предельно допустимых значений (границ) являются следующие пояснения (комментарии).

Представим себе случай, когда коэффициенты стереотипности комплексных групп практически равны между собой, и то же самое свойство имеет место для коэффициентов логической сложности. Тогда очевидно, что эти же коэффициенты и являются коэффициентами стереотипности ($K_{СТ}$) и логической сложности (K_L) для всего алгоритма в целом. Учитывая, что каждый из этих коэффициентов является квадратом отношения числа элементарных действий (логических операций) к числу элементов соответствующей комплексной группы, то квадратные корни из $K_{СТ}$ и K_L являются примерными долями содержания элементарных действий и логических операций в АД в целом.

Тогда соотношение $K_{СТ} > 0,9$ означает, что примерно 95 % всех выполняемых операций являются элементарными, что естественно указывает на необходимость проведения автоматизации. Аналогично соотношение $K_L \leq 0,2$ означает, что примерно 45 % всех операций являются логическими, что требует от оператора значительных умственных усилий при решении конкретных задач (выполнения АД) и соответственно и снижает эффективность его деятельности.

Приведенные варианты интерпретации полученных результатов расчета позволяют сделать их более понятными (прозрачными) для проектировщиков.

Заключение

Предложенный подход в значительной степени упрощает работу проектировщиков и разработчиков при проведении соответствующих оценок нормированных коэффициентов стереотипности и логической сложности алгоритмов деятельности операторов, позволяет интерпретировать получаемые результаты более понятным способом для разработчиков.

Ввиду того, что упрощенный подход основан на внесении дополнительных логических операций в исходный алгоритм деятельности, то следует в ближайшей перспективе провести оценку получаемой

¹ ГОСТ РВ 29.04.002-84. ССЭТО. Алгоритм и структура деятельности оператора. Общие эргономические требования.

систематической погрешности (платы за удобство представления, простоту и наглядность расчетов) и проанализировать ее влияние на возможное принятие решений.

Предложенное решение может быть положено в основу метода оценки больших и структурно сложных алгоритмов деятельности по частям с сохранением результатов расчетов по отдельным компонентам (подалгоритмам), что позволит разработчику избежать многократного повторения расчетов и тем самым в значительной степени снизит объем расчетных операций и упростит работу разработчика.

Апробация и обсуждение некоторых идей, положенных в основу предложенного подхода на III Международной научно-практической конференции «Человеческий фактор в сложных технических системах и средах» (Эрго-2018), вызвала определенный интерес у представителей разработчиков сложных человеко-машинных комплексов различного назначения.

Литература

1. Заракровский Г.М. Психофизиологический анализ трудовой деятельности (логико-вероятностный подход при изучении труда управляющего типа). М.: Наука, 1966. 114 с.
2. Суходольский Г.В. Структурно-алгоритмический анализ и синтез деятельности. Л.: ЛГУ, 1976. 120 с.
3. Губинский А.И., Евграфов В.Г. Эргономическое проектирование судовых систем управления. Л.: Судостроение, 1977. 224 с.
4. Информационно-управляющие человеко-машинные системы. Исследование, проектирование, испытания / Под общ. ред. А.И. Губинского, В.Г. Евграфова. М.: Машиностроение, 1993. 512 с.
5. Ротштейн А.П. Выбор условий деятельности человека на основе нечеткой перфектности // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2018. № 6. С. 109–121. doi: 10.31857/S000233880003497-5
6. Падерно П.И., Попечителев Е.П. Надежность и эргономика биотехнических систем. СПб.: Элмор, 2007. 264 с.
7. Краснова А.И., Назаренко Н.А., Падерно П.И. Человеческий фактор в информационных системах. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008. 80 с.
8. Падерно П.И., Смирнов А.В. Оценка безошибочности выполнения алгоритма дискретной деятельности при различных видах ошибок // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2012. № 3. С. 13–18.
9. Падерно П.И., Павлухин И.С., Смирнов А.В. Развитие функционально-структурной теории для оценки качества деятельности операторов эргатических систем // Мехатроника, автоматика, управление. 2012. № 5 (134). С. 31–35.
10. Падерно П.И. Алгоритмы деятельности – описание и оценка // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. 2015. № 3. С. 37–40.
11. Ломов Б.Ф., Васильев А.А., Офицеров В.В., Рубахин В.Ф. Военная инженерная психология. М.: Воениздат, 1970. 401 с.
12. Березкина Л.В., Кляуззе В.П. Эргономика: учебное пособие. Минск: Высшая школа, 2013. 432 с.
13. Дмитриев М.С. Оценка сложности алгоритма деятельности операторов транспортно-технологических машин // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 12-3 (54). С. 83–87. doi: 10.18454/IRJ.2016.54.058
14. Овсянников В.Е., Васильев В.И. Оценка параметров алгоритмов работы операторов технологического оборудования в условиях неопределенности исходных данных // Вестник Кузбасского государственного технического университета. Машиностроение. 2014. № 2. С. 55–56.
15. Burkov E.A., Paderno P.I., Sopina O.P. Analysis and combination of activity algorithms evaluation methods // Proc. 3rd Int. Conf. on Human Factors in Complex Technical Systems and Environments (ERGO). St. Petersburg, 2018. P. 111–114. doi: 10.1109/ergo.2018.8443786

Авторы

Назаренко Николай Александрович — кандидат технических наук, доцент, доцент, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, 197376, Российская Федерация, Scopus ID: 57189869970, ORCID ID: 0000-0002-1032-3650, nicolas@ergoit.ru

References

1. Zarakovskii G.M. *Psychophysiological Analysis of Labor Activity (Logical-Probabilistic Approach in the Study of the Managing Type Work)*. Moscow, Nauka Publ., 1966, 114 p. (in Russian)
2. Sukhodolsky G.V. *Structural and Algorithmic Analysis and Synthesis of Activities*. Leningrad, LSU Publ., 1976, 120 p. (in Russian)
3. Gubinsky A.I., Evgrafov V.G. *Ergonomic Design of Ship Control Systems*. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1977, 224 p. (in Russian)
4. *Information and Control Human-Machine Systems. Research, Design, Testing*. Eds. A.I. Gubinsky, V.G. Evgrafov. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1993, 512 p. (in Russian)
5. Rotshtein A. The choice of conditions of human activity based on fuzzy perfection. *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 2018, no. 6, pp. 109–121. (in Russian) doi: 10.31857/S000233880003497-5
6. Paderno P.I., Popchitelev E.P. *Reliability and Ergonomics of Biotechnical Systems*. St. Petersburg, Elmor Publ., 2007, 264 p. (in Russian)
7. Krasnova A.I., Nazarenko N.A., Paderno P.I. *The Human Factor in Information Systems*. St. Petersburg, SPbSEU LETI Publ., 2008. 80 p. (in Russian)
8. Paderno P.I., Smirnov A.V. Estimation of correctness of the algorithm of discrete activities in different types of errors. *Proceedings of Saint Petersburg Electrotechnical University*, 2012, no. 3, pp. 13–18. (in Russian)
9. Paderno P.I., Pavlukhin I.S., Smirnov A.V. Extension of functional-structural theory for quality assessment of ergatic systems operator activity. *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*, 2012, no. 5, pp. 31–35. (in Russian)
10. Paderno P.I. Algorithms of operations — description and evaluation. *Human Factor: Problems of Psychology and Ergonomics*, 2015, no. 3, pp. 37–40. (in Russian)
11. Lomov B.F., Vasil'ev A.A., Ofitserov V.V., Rubakhin V.F. *Military Engineering Psychology*. Moscow, Voenizdat Publ., 1970, 401 p. (in Russian)
12. Berezkina L.V., Klyauze V.P. *Ergonomics: Tutorial*. Minsk, Vysshaya Shkola Publ., 2013, 432 p. (in Russian)
13. Dmitriev M.S. Assessment of complexity of transport and technological machines operators activity algorithm. *International Research Journal*, 2016, no. 12-3, pp. 83–87. (in Russian)
14. Ovsyannikov V.E., Vasilyev V.I. Assessment of algorithms parameters of operators work of processing equipment in conditions of uncertainty of basic data. *Vestnik of Kuzbass State Technical University*, 2014, no. 2, pp. 55–56. (in Russian)
15. Burkov E.A., Paderno P.I., Sopina O.P. Analysis and combination of activity algorithms evaluation methods. *Proc. 3rd Int. Conf. on Human Factors in Complex Technical Systems and Environments, ERGO*. St. Petersburg, 2018, pp. 111–114. doi: 10.1109/ergo.2018.8443786

Authors

Nikolay A. Nazarenko — PhD, Associate Professor, Associate Professor, Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, Saint Petersburg, 197376, Russian Federation, Scopus ID: 57189869970, ORCID ID: 0000-0002-1032-3650, nicolas@ergoit.ru

Падерно Павел Иосифович — доктор технических наук, профессор, профессор, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, 197376, Российская Федерация, Scopus ID: 57128607900, ORCID ID: 0000-0001-9032-5084, pipaderno@list.ru

Сатторов Фаррух Этиборович — кандидат технических наук, доцент, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация; президент, Ассоциация развития лидерства молодежи, Санкт-Петербург, 193149, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0002-5651-6415, ldambassadorus@gmail.com

Pavel I. Paderno — D.Sc., Full Professor, Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, Saint Petersburg, 197376, Russian Federation, Scopus ID: 57128607900, ORCID ID: 0000-0001-9032-5084, pipaderno@list.ru

Farrukh E. Sattorov — PhD, Associate Professor, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation; President, Youth Leadership Development Association, Saint Petersburg, 190005, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0002-5651-6415, ldambassadorus@gmail.com