

**Для цитирования:** Кадиев И.П., Кадиев П.А., Кудиев Б.Р. Рассеивание элементов «пакетов ошибок» в информационных массивах методом индексной структуризации. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019; 46 (4): 84-90. DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-4-84-90

**For citation:** I.P. Kadiev, P.A. Kadiev, B.R. Kudaev. Interleaving burst error elements in information arrays using the method of index structurisation. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2019; 46(4): 84-90. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-4-84-90

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 519.5

DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-4-84-90

### РАССЕИВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ «ПАКЕТОВ ОШИБОК» В ИНФОРМАЦИОННЫХ МАССИВАХ МЕТОДОМ ИНДЕКСНОЙ СТРУКТУРИЗАЦИИ

**Кадиев И.П., Кадиев П.А., Кудиев Б.Р.**

Дагестанский государственный технический университет,  
367026, г. Махачкала пр.И.Шамиля,70, Россия

**Резюме. Цель.** «Пакеты ошибок», представляющие собой группы случайно или намеренно искаженных или «стертых» символов в блоках информационных массивах, являются причиной нарушения целостности их содержимого. Использование специальных кодов, обнаруживающих и исправляющих такие ошибки, существенно снижают скорость передачи информации из-за необходимости введения избыточности в виде большого числа контрольных символов. **Метод.** Предварительные перестановки элементов информационных массивов с их «рассеивания» - разнесением по различным блокам в массиве, являются одними из методов борьбы с «пакетами ошибок». Эти процедуры обуславливают, после устранения результатов перестановок элементов, «разнесение» искаженных элементов, возникших при передаче или хранении информационного массива, в различные блоки массива, вызывая в них одиночные или малой кратности ошибки. **Результат.** Предлагается, для решения задач этого класса, использовать новый метод перестановок элементов их совокупности конечных множеств, в основе которых индексная структуризация формируемых конфигураций, интерпретируя эти совокупности с информационными массивами той же конфигурации, для перестановок - «рассеивание» - «перемешивание» их элементов по методу формирования конфигураций с индексной структуризацией их расположения. **Вывод.** Предложены три метода «рассеивания» элементов исходных информационных массивов: по строкам, столбцам и комбинированное – по строкам и столбцам. Использование предложенных методов «рассеивания» позволяет, путем предварительного преобразования информационных массивов перестановками элементов по заданным алгоритмам, задачу борьбы с их искажениями под воздействием «пакетов ошибок», которые приводят к уничтожению отдельных групп символов, свести к решению более простой задачи борьбы с ошибками малой кратности.

**Ключевые слова:** массивы множеств, «пакеты ошибок», перестановки элементов, «рассеивание» элементов, «индексное представительство»

## COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

### INTERLEAVING BURST ERROR ELEMENTS IN INFORMATION ARRAYS USING THE METHOD OF INDEX STRUCTURISATION

**Kadiev I.P., Kadiev P.A., Kudaev B.R.**

Daghestan State Technical University,  
70 I. Shamil Ave., Makhachkala 367026

**Abstract. Objectives.** “Burst errors” representing groups of accidentally or intentionally distorted or “erased” characters in blocks of information arrays violate the integrity of their content. However, the use of special codes for detecting and correcting such errors significantly reduces the speed of information transfer due to the need to introduce redundancy in the form of a large number of control characters. Therefore, this study sets out to develop a method for correcting burst errors. **Method.** A possible approach for correcting burst errors consists in interleaving preliminary permutations of information array elements between different array blocks. After eliminating the results of element permutations, these procedures cause the interleaving of distorted elements occurring during the transfer or storage of the information array between its various blocks, causing single or minor fold errors. **Result.** For solving problems of this class, a new method of permuting elements of an  $n \times n$ -set of finite sets is proposed based on the index structuring of the formed configurations. These sets are interpreted as information arrays of the same configuration, and the permutation – interleaving – of their elements is carried out according to the method of configuration formed by the index structuring of their location. **Conclusion.** Three methods for interleaving elements of the original information in arrays are proposed: between rows, between columns and combined – between rows and columns. The proposed interleaving methods based on the preliminary conversion of information arrays by permuting elements according to given algorithms allow their distortions under the influence of burst errors to be corrected. Thus, the task of combating the burst errors leading to the destruction of individual groups of characters can be reduced to solving a simpler problem of minor fold error correction.

**Keywords:** information arrays, burst errors, element permutations, element interleaving, index representation

**Введение.** Проблема обеспечения информационной безопасности, в условиях сосредоточения основных ее объемов в телекоммуникационных сетях, относится к категории актуальных. Одной из задач решения этой проблемы является обеспечение целостности информации и ее достоверности.

Перечень факторов, нарушающих целостность информации, достаточно обширен. Это и факторы несовершенства методов и средств, реализующих информационные процессы в системах, влияние окружающей среды. Эти факторы вызывают ошибки, которые в двоичных каналах проявляются в виде трансформаций символов и исследуются в рамках теории помехоустойчивости информационных процессов.

Для последних десятилетий характерны нарушения целостности информации, которые обусловлены преднамеренными действиями пользователями информационных сетей. Эти действия направлены на уничтожение данных и их модификацию злоумышленниками. Они приводят к искажениям данных, проявляющимся в виде «стирания» блоков символов в информационных массивах при передаче информации на расстояние по каналам связи и изменением их содержания. Так, среди вопросов обеспечения достоверности данных в информационных массивах возникла задача борьбы с ошибками большой кратности, которые приводят к стиранию группы символов данных, образующих блоки, которые принято называть блоками или «пакетами ошибок» [1].

Для решения этих задач используются такие известные методы борьбы с ошибками как корректирующие коды, обнаруживающие и исправляющие ошибки большой кратности, к которым относятся коды Рида-Соломона, Файера и др. Их недостаток - большая избыточностью,

обусловленная вводом в блоки данных дополнительных контрольных символов, число которых часто превышает число символов, несущих информацию [2]. Это существенно снижает скорость передачи информации по каналу, увеличивает время передачи, снижая оперативность, и объем памяти, необходимой для хранения. С другой стороны, это усложняет процессы обеспечения достоверности: для кодов характерны достаточно сложные алгоритмы обнаружения и исправления ошибок [3].

Этими обстоятельствами обусловлено появление проблемы борьбы с ошибками большой кратности или борьба с «пакетами ошибок».

Одним из направлений решения проблем в рамках борьбы с «пакетами ошибок» является использование для этих целей предварительное «рассеивание» или «перемешивание» элементов информационных массивов до передачи по каналам или хранения [4-8]. Часто процессы преобразования объединены общим названием «скремблирование» информационных потоков.

Предварительное общее «рассеивание» элементов массива может быть использовано для «рассеивания» элементов «пакета ошибок» после обратного преобразования. Существует достаточно много методов «рассеивания» элементов информационных массивов, широко используемых для шифрования при защите информации от несанкционированного доступа [9-14]. В их основе - формирование комбинаторных конфигураций из элементов информационных массивов с использованием операций перестановок или подстановок. В качестве примера можно указать перестановки, используемые для сортировки данных, перестановки по схеме распределения чисел в магических квадратах, по схеме хода шахматного коня или другим геометрическим фигурам.

Из отмеченного выше следует, что появление нового метода «рассеивание» может быть обусловлено появлением новых методов перестановок элементов информационных массивов.

**Постановка задачи.** Исходя из отмеченного выше, предлагается для борьбы с «пакетами ошибок» выполнить «рассеивание» элементов информационного массива, с целью их разнесения на определенное расстояние друг от друга, чтобы в «пакеты ошибок» не попадали одновременно несколько стоящих рядом элементов массива. Это предварительное «рассеивание» элементов массива, должно обеспечить формирование комбинаторных конфигураций, строки и столбцы которых образованы элементами, принадлежащими различным строкам и столбцам исходного информационного массива.

Это обстоятельство приведет при появлении «пакета ошибок» к уничтожению элементов массива, принадлежащих различным блокам массива. При восстановлении структуры массива, искаженные элементы окажутся в различных его блоках, ошибки в блоках будут носить малую кратность, Ошибки «пакета» будут «рассеяны» по всему массиву. Задача борьбы с «пакетами ошибок» будет сведена к борьбе с ошибками малой кратности в отдельных блоках массива.

**Методы исследования.** Как было отмечено выше существует различные методы «рассеивания» элементов. Для предварительного «рассеивания» элементов с целью рассеивания элементов «пакета ошибок» в работе используется предложенный авторами метод индексного упорядочения расположения элементов в формируемых из элементов исходных информационных массивах комбинаторных конфигурациях [15]. В качестве правила «рассеивания» элементов информационных массивов предлагаются перестановки их элементов, с формированием комбинаторных конфигураций с индексно упорядоченным их расположением использованы функциональные рекуррентные соотношения [16] между индексами элементов.

В основе соотношений - система индексации в виде функциональных зависимостей между значениями индексов элементов и значениями индексов элементов их «окружения». Отличительная особенность формируемых конфигураций «индексное представительство» множеств, образующих информационный массив: значения индексов элементов в строках, столбцах или и в строках, и в столбцах [15,16] принимают значения от 1 до  $n$ , в различных вариантах их расположения, общее число которых равно  $n!$ . Эта особенность отвечает требованиям к

процессу «рассеивания» ошибок в «пакетах» после восстановления предварительного «рассеянного массива».

**Обсуждение результатов.** Индексное упорядочение имеет в своей основе системы индексации. Они определяют правила «рассеивания» с индексным упорядочением расположения элементов. Так как расположение элементов множества определяет её структуру, то «рассеивание» является процессом индексной структуризации конфигураций.

Системы индексации, как отмечено в [16], задаются правилами, которые представляют собой функциональные зависимости значений индексов элементов «окружения», расположенных непосредственно вокруг каждого из элементов, от значения индексов элемента, который они окружают. Предложенные в [16] функциональные зависимости, в виде системы рекуррентных соотношений на множестве пар индексов элементов, обеспечивают индексацию окружения, при соответствующих ограничениях, которая может быть определена как индексация по принципу «индексного представительства»: в каждой строке и каждом столбце формируемой конфигурации имеется «представитель» из каждой строки и каждого столбца исходного информационного массива.

«Пакеты ошибок» в виде «стирания» любой строки или любого столбца в такой конфигурации, приводит, после обратного «сбора» рассеянных элементов, к одиночным ошибкам в каждой строке или каждом столбце исходного информационного массива. Т.е. «пакет ошибок», вызвавший искажение в виде «стирания» целой строки или столбца, после обратного преобразования, «рассеивается» в виде одиночных ошибок во всех строках или столбцах восстановленного информационного массива.

Ниже приведен пример, иллюстрирующий процессы предварительного «рассеивания» с последующим восстановлением структуры информационного массива  $A_{5 \times 5}$ , воздействия на процесс передачи, вызвавшего в принятом из канала массиве «пакет ошибок» их 4-х символов, результат после восстановления исходной структуры массив из которого видно «рассеивание» ошибок в пакете по отдельным блокам. Исходный информационный массив  $A_{5 \times 5}$ , приведен на рис.1.

$$A_{5 \times 5} = \begin{matrix} A_{11}A_{12}A_{13}A_{14}A_{15} \\ A_{21}A_{22}A_{23}A_{24}A_{25} \\ A_{31}A_{32}A_{33}A_{34}A_{35} \\ A_{41}A_{42}A_{43}A_{44}A_{45} \\ A_{51}A_{52}A_{53}A_{54}A_{55} \end{matrix}$$

**Рис.1 Исходный информационный массив**  
**Fig. 1 Source information array**

Для предварительного «рассеивания» элементов массива  $A_{5 \times 5}$  использована система индексации с функциональными зависимостями значений индексов элемента и значений индексов элементов его окружения (1), приведенные ниже

$$\begin{matrix} f_{11}(i) = i - 1, & f_{12}(j) = j - 2; & f_{21}(i) = i + 1, & f_{22}(j) = j + 2; \\ f_{31}(i) = i - 2, & f_{32}(j) = j - 1; & f_{41}(i) = i + 2, & f_{42}(j) = j + 1 \end{matrix} \quad (1)$$

Структура систем индексации окружения произвольного элемента массива,  $A_{ij}$  при предварительном «рассеивании» приведена на рис. 2

$$\begin{aligned} & \dots, A_{i-2, j-1} \dots \\ & \dots, A_{i-1, j-2}, A_{i, j}, A_{i+1, j+2}, \dots \\ & \dots, A_{i+2, j+1}, \dots \end{aligned}$$

**Рис.2. Структура окружения элемента  $A_{i,j}$ , в системе индексации**  
**Fig. 2. The environment structure of the element  $A_{i, j}$ , in the indexing system**

о системе индексного упорядочения окружения элементов (1), приведена на рис. 3.

$$A_{5 \times 5} * = \begin{matrix} A_{11}A_{23}A_{35}A_{42}A_{54} \\ A_{32}A_{44}A_{51}A_{13}A_{25} \\ A_{53}A_{15}A_{22}A_{34}A_{41} \\ A_{24}A_{31}A_{43}A_{55}A_{12} \\ A_{45}A_{52}A_{14}A_{21}A_{33} \end{matrix}$$

**Рис.3. Индексно структурированный массив  $A_{5 \times 5}$**

**Fig. 3. An indexed structured  $A_{5 \times 5}$  array**

Приведенный на рис. 1 информационный массив  $A_{5 \times 5}$ , после предварительной индексной структуризации «рассеиванием» по приведенной на рис. 2 схеме индексации и преобразованный в массив  $A_{5 \times 5}$ , при построчной передаче по каналу имеет вид:

$$A_{11}A_{23}A_{35}A_{42}A_{54} A_{32}A_{44}A_{51}A_{13}A_{25} A_{53}A_{15}A_{22}A_{34}A_{41} A_{24}A_{31}A_{43}A_{55}A_{12} A_{45}A_{52}A_{14}A_{21}A_{33}$$

Если в результате некоторого воздействия на процесс передачи образовался «пакет ошибок» во втором блоке, в результате которого оказались «стертыми» символы  $A_{44}A_{51}A_{13}A_{25}$ , то на приемной стороне канала будет образована последовательность символов вида:  $A_{11}A_{23}A_{35}A_{42}A_{54}A_{32}x x x x A_{53}A_{15}A_{22}A_{34}A_{41} A_{24}A_{31}A_{43}A_{55}A_{12} A_{45}A_{52}A_{14}A_{21}A_{33}$

Сформированный по принятым данным информационный массив с «пакетом ошибок», будет иметь вид, приведенный на рис.4.

$$A_{5 \times 5}^{**} = \begin{matrix} A_{11}A_{23}A_{35}A_{42}A_{54} \\ A_{32} x x x x \\ A_{53}A_{15}A_{22}A_{34}A_{41} \\ A_{24}A_{31}A_{43}A_{55}A_{12} \\ A_{45}A_{52}A_{14}A_{21}A_{33} \end{matrix}$$

**Рис.4. Принятый по каналу информационный массив с «пакетом ошибок»**

**Fig. 4. Information array received over the channel with an “error package”**

После устранения результатов предварительного «рассеивания» массива, будет сформирована конфигурация, приведенная на рис.5. Рис. 5 полученного массива иллюстрирует «рассеивание элементов «пакета ошибок» по строкам и столбцам полученного массива.

Ошибка кратности 4 в одном из блоков массива будет «рассеяна в виде одиночных ошибок в 4- блоках. Угроза потери целого блока данных массива будет сведена к задаче обнаружения и исправления одиночных ошибок в 4-х блоках этого массива, Её решение может оказаться более целесообразным, чем устранение пакета ошибок».

$$A_{5 \times 5} = \begin{matrix} A_{11} & A_{12} & x & A_{14} & A_{15} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} & A_{24} & x \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & A_{34} & A_{35} \\ A_{41} & A_{42} & A_{43} & x & A_{45} \\ x & A_{52} & A_{53} & A_{54} & A_{55} \end{matrix}$$

**Рис.5. Информационный массив с рассеянным «пакетом ошибок»**

**Fig. 5. Information array with a scattered "error package"**

**Вывод.** Предлагаемый метод «рассеивания» элементов «пакета ошибок», имеет в основе сведение задачи борьбы с «пакетом ошибок» в одном блоке массива к борьбе с ошибками малой кратности в нескольких блоках. Метод предполагает предварительное «рассеивание» элементов массива, в результате которого элементы массива будут разнесены по различным его блокам. Искажение всего блока в таком массиве будет соответствовать искажениям отдельных символов в каждом блоке после устранения результатов предварительного рассеивания элементов массива. Областью применения метода являются каналы передачи информации и внешние запоминающие устройства, в которых высока вероятность возникновения «пакетов ошибок». Особо важно их применение при передаче по каналам связи и передачи данных с ретрансляцией.

В качестве достоинства предлагаемого метода борьбы с «пакетами ошибок» можно отметить простоту алгоритмов и программной реализации. Кроме того, следует иметь ввиду обстоятельство, что в качестве «побочного эффекта» методом обеспечивается мягкое шифрование информационного массива «рассеиванием» элементов.

**Библиографический список:**

1. Кларк Дж., Кейн Дж. мл., Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи. М.: «Радио и связь», 1987г. 390с.
2. Муттер В.М. Основы помехоустойчивой телепередачи информации. Л.: Энегтоатомиздат, 1990. 435с.
3. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М.: Изд.ИЛ. 1963. 843с.
4. Виленкин Н.Я. Комбинаторика. М.: «Наука», 1969г., 328с.
5. Тараканов В.Е., Айгнер М.А. Комбинаторная теория. М.: Мир, 1982, 362с.
6. Холл М. Комбинаторика. /Перевод с английского С.А. Широкова под ред. А.О. Гельфанда и Тараканова В.Е.- М.: Мир, 1970г., С.10-50.
7. Стенли Р. Перечислительная комбинаторика М.: Мир, 1990г.
8. Рыбников К.А. Введение в комбинаторный анализ. М.: изд. МГУ, 1994г.
9. [http://www. google/ru](http://www.google.ru). Алгоритмы индексной сортировки массивов данных
10. Леонтьев В.К. Избранные задачи комбинаторного анализа.- М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001, С. 20-30.
11. Волкова В.Н. Теория систем и системный анализ. Учебник / В. Н. Волкова, А. А. Денисов Теория систем и системный анализ. М.: Юрайт, 2015. 615с.
12. Dénes J. H., Keedwell A. D. Latin squares: New developments in the theory and applications. Annals of Discrete Mathematics vol. 46. Academic Press. Amsterdam. 1991.
13. Рыбников К. А. Комбинаторный анализ. Очерки истории. — М.: Изд. мехмата МГУ, 1996. — 124 с.
14. Андерсен Дж.А. Дискретная математика и комбинаторика: /пер. с англ.- М.: Вильямс, 2003.
15. Кадиев И.П. Об одном классе комбинаторных конфигураций. / Кадиев И.П. , Кадиев П.А. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. Т.31. 2013. с.45-50.
16. Кадиев И.П., Мелехин В.Б. Система индексной структуризации комбинаторных конфигураций методом рекуррентных соотношений для защиты передаваемых по каналам связи данных. Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. № 2, 2019г. С.37-43.

**References:**

1. Klark Dzh., Keyn Dzh. ml., Kodirovaniye s ispravleniyem oshibok v sistemakh tsifrovoy svyazi.- М.: «Radio i svyaz», 1987g. -390s [Clark, J., Kane, J. Jr., Error-correcting coding in digital communication systems .- М.: “Radio and Communication”, 1987. 390 p. (In Russ)]

2. Mutter V.M. Osnovy pomekhoustoychivoy teleperedachi informatsii.-L.: Enegoatomizdat,1990.- 435s. 3 [Mutter V.M. Fundamentals of noise-resistant television information transmission.-L. : Enegoatomizdat, 1990. 435p. (In Russ)]
3. Shannon K. Raboty po teorii informatsii i kibernetike. - M.: Izd.I.L. 1963.- 843s [Shannon K. Works on information theory and cybernetics. M. : Izd. IL. 1963. 843p. (In Russ)]
4. Vilenkin N.YA. Kombinatorika. - M.: «Nauka»,1969g.,328s [Vilenkin N.Ya. Combinatorics. - M.: “Science”, 1969, 328p. (In Russ)]
5. Tarakanov V.Ye., Aigner M.A. Kombinatornaya teoriya. M.: Mir,1982, 362s. [Tarakanov V.E., Aigner M.A. Combinatorial Theory. M.: Mir, 1982, 362p. (In Russ)]
6. Khol M. Kombinatorika. /Perevod s angliyskogo S.A. Shirokova pod red. A.O. Gel'fanda i Tarakanova V.Ye.- M.: Mir,1970. s.10-50 [Hall M. Combinatorics. / Translation from English S.A. Shirokova, ed. A.O. Gelfand and Tarakanova V.E. M. : Mir, 1970, pp.10-50. (In Russ)]
7. Stenli R. Perechislitel'naya kombinatorika - M.: Mir, 1990g. [ Stanley R. Enumeration combinatorics - M. : Mir, 1990. (In Russ)]
8. Rybnikov K.A. Vvedeniye v kombinatornyy analiz.- M.: izd. MGU, 1994g. [Rybnikov K.A. Introduction to combinatorial analysis.- M. : ed. Moscow State University, 1994. (In Russ)]
9. [http://www. google.ru](http://www.google.ru). Algoritmy indeksnoy sortirovki massivov dannykh 1 [[http:// www. google / ru](http://www.google.ru). Algorithms for indexing data arrays (In Russ)]
10. Leont'yev V.K. Izbrannyye zadachi kombinatornogo analiza.- M.: izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2001. s. 20-30. [Leontyev V.K. Selected tasks of combinatorial analysis. - M.: Publishing House of MSTU. N.E. Bauman, 2001. pp. 20-30. (In Russ)]
11. Volkova V.N. Teoriya sistem i sistemnyy analiz. Uchebnik / V. N. Volkova, A. A. Denisov Teoriya sistem i sistemnyy analiz. – M.: Yurayt, 2015.-615s. [Volkova V.N. Theory of systems and systems analysis. Textbook / V.N. Volkova, A.A. Denisov Theory of systems and system analysis. M. : Yurayt, 2015. 615p. (In Russ)]
12. Dénes J. H., Keedwell A. D. Latin squares: New developments in the theory and applications. Annals of Discrete Mathematics vol. 46. Academic Press. Amsterdam. 1991.
13. Rybnikov K. A. Kombinatornyy analiz. Ocherki istorii. — M.: Izd. mekhmata MGU, 1996. — 124 s.[Rybnikov K. A. Combinatorial analysis. Essays on the story. - M.: Publishing. Mehmata Moscow State University, 1996 . 124 p. (In Russ)]
14. Andersen Dzh.A. Diskretnaya matematika i kombinatorika: /per. s angl.- M.: Vil'yams, 2003. [Andersen J.A. Discrete mathematics and combinatorics: / Per. from English.- M.: Williams, 2003. (In Russ)]
15. Kadiyev I.P. Ob odnom klasse kombinatornykh konfiguratsiy. / Kadiyev I.P. , Kadiyev P.A. Vestnik Dag. Gos. Tekh.. Un-ta, T.31. 2013.- s.45-50 [Kadiev I.P. On a class of combinatorial configurations. / Kadiev I.P. , Kadiev P.A. Herald of the Dagestan State Technical University. Technical science. T.31. 2013.p. 45-50. (In Russ)]
16. Kadiyev I.P., Melekhin V.B. Sistema indeksnoy strukturizatsii kombinatornykh konfiguratsiy me-todom rekurrentnykh sootnosheniy dlya zashchity peredavayemykh po kanalam svyazi dannykh. zh. Pribory i sistemy. Upravleniye, kontrol', diagnostika. № 2 ,2019g.- s.37-43[Kadiev I.P., Melekhin V.B. An index structuring system for combinatorial configurations using the method of recurrence relations to protect data transmitted through communication channels. g. Devices and systems. Management, control, diagnostics. No. 2, 2019 pp. 37-43.

#### **Сведения об авторах:**

Кадиев Исламудин Пашаевич, соискатель кафедры управления и информатики в технических системах и вычислительной техники; e-mail:islam-kadi@mail.ru

Кадиев Пашай Абдулгамидович, кандидат технических наук, профессор кафедры управления и информатики в технических системах и вычислительной техники; e-mail:islam-kadi@mail.ru

Кудаев Буниямин Русланович, магистрант, кафедры управления и информатики в технических системах и вычислительной техники; e-mail: kudaev@mail.ru

#### **Information about the authors:**

Islamudin P. Kadiev, Applicant, Department of Management and Informatics in Technical Systems and Computer Engineering; e-mail:islam-kadi@mail.ru

Pashay A. Kadiev, Cand. Sci. (Technical), Assoc. Prof., Department of Management and Informatics in Technical Systems and Computer Engineering; e-mail:islam-kadi@mail.ru

Buniyamin R.Kudaev, Graduate Student, Department of Management and Informatics in Technical Systems and Computer Engineering; e-mail: kudaev@mail.ru

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Поступила в редакцию** 15.10.2019.

**Принята в печать** 19.11.2019.

#### **Conflict of interest.**

The authors declare no conflict of interest.

**Received** 15.10. 2019.

**Accepted for publication** 19.11.2019.