

## СИСТЕМЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND NETWORK TECHNOLOGIES

Научная статья  
УДК 004.051:654.078  
<https://doi.org/10.24143/2072-9502-2023-2-101-107>  
EDN PFVICR

### Эвристическая оценка качества услуг на примере операторов мобильной связи

---

*Владимир Валерьевич Никулин<sup>✉</sup>, Виктор Васильевич Афонин*

*Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева,  
Саранск, Республика Мордовия, Россия, [nikulinvv@mail.ru](mailto:nikulinvv@mail.ru)<sup>✉</sup>*

---

**Аннотация.** Предлагается и рассматривается эвристический подход к оценке качества информационных услуг на примере операторов мобильной связи. Характеристики услуг операторов мобильной связи могут быть подразделены на положительные и отрицательные. Первые прямо пропорциональны предпочтительному выбору пользователями мобильной связи, вторые обратно пропорциональны. Например, при прочих равных условиях предпочтение отдается меньшей стоимости за пользование мобильной связью. Существующие характеристики услуг операторов связи отображаются таблично в численном выражении соответствующей размерности. Подобные отчетные таблицы существуют у каждого оператора мобильной связи и они, как правило, доступны в сети Интернет. В связи с этим возникает задача определения более предпочтительного оператора по заданным числовым значениям характеристик услуг. В предлагаемой работе предпринята попытка определить качество мобильной связи на основе статистических показателей и вводимых маркеров качества, определяемых на основе эвристических предположений. Приведением числовых значений характеристик услуг связи к относительным единицам определяется средний арифметический уровень каждой из характеристик услуг мобильной связи. Относительно этого среднего уровня осуществляется назначение обобщенных маркеров, характеризующих качество предоставляемых услуг соответствующих операторов мобильной связи. Упаковка созданных числовых маркеров в контейнер позволяет осуществить ранжирование операторов мобильной связи по величинам маркеров качества. Это позволяет определить, какой из операторов связи будет более предпочтительным для пользователя.

**Ключевые слова:** качество услуг мобильной связи, кодированные значения характеристик услуг, ранжирование, относительные характеристики услуг, маркеры качества

**Для цитирования:** *Никулин В. В., Афонин В. В.* Эвристическая оценка качества услуг на примере операторов мобильной связи // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2023. № 2. С. 101–107. <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2023-2-101-107>. EDN PFVICR.

Original article

## Heuristic assessment of service quality: case of mobile communication operators

*Vladimir V. Nikulin*<sup>✉</sup>, *Viktor V. Afonin*

*National Research Ogarev Mordovia State University,  
Saransk, Russia, nikulinvv@mail.ru*<sup>✉</sup>

**Abstract.** A heuristic approach is proposed and considered in assessing the quality of information services on the example of mobile operators. The characteristics of the services of mobile operators can be divided into positive and negative. The former characteristics are directly proportional to the preferred choice of mobile communication users, and the latter are inversely proportional. For example, *ceteris paribus*, preference is given to a lower cost for the use of mobile communications. The existing characteristics of the services of telecom operators are displayed in the tables in numerical terms of the corresponding dimension. Every mobile operator has such reporting spreadsheets, which are usually available in the Internet. In this regard, there arises a problem of determining a more preferable operator by given numerical values of the characteristics of services. In the proposed work, there has been made an attempt to determine the quality of mobile communications based on statistical indicators and input quality markers determined on the basis of heuristic assumptions. Bringing the numerical values of the characteristics of communication services to relative units determines the arithmetic average level of each of the characteristics of mobile communication services. According to this average level, generalized markers are assigned that characterize the quality of the services provided by the corresponding mobile operators. Packing the generated numeric markers into a container makes it possible to rank mobile operators by the values of quality markers. It helps to determine which of the telecom operators will be more preferable for the user.

**Keywords:** quality of mobile communication services, coded values of service characteristics, ranking, relative characteristics of services, quality markers

**For citation:** Nikulin V. V., Afonin V. V. Heuristic assessment of service quality: case of mobile communication operators. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, computer science and informatics.* 2023;2:101-107. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2023-2-101-107>. EDN PFVICR.

### Введение

Вопросам оценки качества информационных услуг, таких как мобильная или сотовая связь, посвящается немало работ, в которых предлагаются различные подходы, алгоритмы и методы оценки качества мобильной/сотовой связи, информационных и коммуникационных технологий [1–4]. Существуют также нормативные документы, регламентирующие оценку качества той или иной услуги связи. В условиях глобализации информации многие аспекты оценки качества можно почерпнуть из сети Интернет. Как правило, числовые данные предоставленных услуг операторами мобильной связи сводятся в таблицу, в которой строки первого столбца отображают наименование компаний мобильной связи, а названия столбцов соответствуют характеристикам связи. Значительный набор числовых характеристик затруднителен для комплексной визуальной оценки качества услуг того или иного оператора связи пользователем, выбирающим для себя оператора мобильной/сотовой связи. При этом количество характеристик услуг связи может меняться. В связи с этим актуальной становится задача программно-

автоматизированной оценки качества услуг связи. Для этого следует определить некоторые критерии или маркеры, которые рассчитываются с учетом всех имеющихся числовых данных, характеризующих заданный ряд услуг. Вводимые в рассмотрение маркеры качества определяются с учетом уровня средних арифметических значений, рассчитанных для заданных услуг каждого оператора мобильной связи, и кодированных значений имеющихся услуг.

### Материалы и методы

Для исследований были приняты следующие условные названия операторов:

- оператор № 1;
- оператор № 2;
- оператор № 3;
- оператор № 4.

Соответственно, традиционные характеристики услуг операторов мобильной связи могут быть представлены в виде таблицы (табл. 1) в предположении, что операторы связи имеют одинаковые характеристики своих услуг.

Таблица 1

Table 1

**Тестовые услуги мобильных операторов и их обозначение**

**Test services of mobile operators and their designation**

Вид услуги	Обозначение характеристики услуги
Цена (в месяц), руб.	Характеристика 1 (-)
Интернет, ГБ	Характеристика 2 (+)
Качество интернета, усл. ед.	Характеристика 3 (+)
Сбои при разговоре, %	Характеристика 4 (-)
Не пришедшие СМС, %	Характеристика 5 (-)
Рейтинг по стоимости тарифов, усл. ед.	Характеристика 6 (+)
Скорость интернета, Мбит/с	Характеристика 7 (+)
Звонки, мин	Характеристика 8 (+)

В табл. 1 символы «+» и «-» условно означают «позитивные» или «негативные» свойства характеристики услуги для пользователя. Например, чем выше цена за подключение к оператору связи, тем его услуги для пользователя будут сначала менее привлекательны. В то же время характеристика услуги «Скорость интернета» принимается положительной, т. к. чем выше скорость интернета, тем

эта характеристика услуги связи является более привлекательной для пользователя.

С учетом обозначений в дальнейшем будут рассматриваться и анализироваться данные, представленные в табл. 2, в которую собраны искусственно сформированные значения по информации из широко распространенных интернет-источников.

Таблица 2

Table 2

**Тестовые данные услуг операторов мобильной связи**

**Test results of the mobile operators' services**

Оператор	Обозначения и числовые данные характеристик услуг операторов мобильной связи							
	1 (-)	2 (+)	3 (+)	4 (-)	5 (-)	6 (+)	7 (+)	8 (+)
Оператор № 1	650	60	9	0,7	1,7	6	65	1 500
Оператор № 2	600	45	7	15,1	0	9	17	900
Оператор № 3	650	50	10	0,8	2,4	7	14	1 500
Оператор № 4	500	40	8	1,2	1,2	10	64	600

Как видно из табл. 2, числовые значения различных характеристик значительно отличаются по величине, поэтому целесообразно привести их к относительным значениям. Для этого значение

каждой характеристики услуг каждого оператора поделим на ее максимальное значение. В результате получим данные, приведенные в табл. 3.

Таблица 3

Table 3

**Приведенные значения характеристик услуг операторов мобильной связи**

**Given values of the service characteristics of the mobile operators**

Оператор	Обозначения и числовые данные приведенных характеристик услуг							
	1 (-)	2 (+)	3 (+)	4 (-)	5 (-)	6 (+)	7 (+)	8 (+)
Оператор № 1	1,000000	1,000000	0,900000	0,046358	0,708333	0,600000	1,000000	1,000000
Оператор № 2	0,923077	0,750000	0,700000	1,000000	0,000000	0,900000	0,261538	0,600000
Оператор № 3	1,000000	0,833333	1,000000	0,052980	1,000000	0,700000	0,215385	1,000000
Оператор № 4	0,769231	0,666667	0,800000	0,079470	0,500000	1,000000	0,984615	0,400000

Следующий этап решения поставленной задачи будет связан с данными из табл. 3. Вычислим средние арифметические значения  $E_k$  каждого

столбца табл. 3. Результат отражен в табл. 4, где также приведены кодированные значения  $P_k$  характеристик услуг связи.

Таблица 4

Table 4

Приведенные средние тестовые значения услуг операторов мобильной связи  
 и их кодированные значения

Given mean test values of services of mobile operators  
 and their encoded values

Показатель	Приведенные средние числовые данные услуг мобильной связи и их кодированные значения							
	1 (-)	2 (+)	3 (+)	4 (-)	5 (-)	6 (+)	7 (+)	8 (+)
Средние арифметические значения $E_k$	0,923077	0,812500	0,850000	0,294702	0,552083	0,800000	0,615385	0,750000
Кодированные значения $P_k$	-1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1

Значения  $E_k$  и  $P_k$ ,  $k = 1, 2, \dots, 8$ , могут быть представлены в виде числовых одномерных массивов. Характер изменения средних значений тестовых

характеристик услуг операторов мобильной связи представлен на рис. 1.

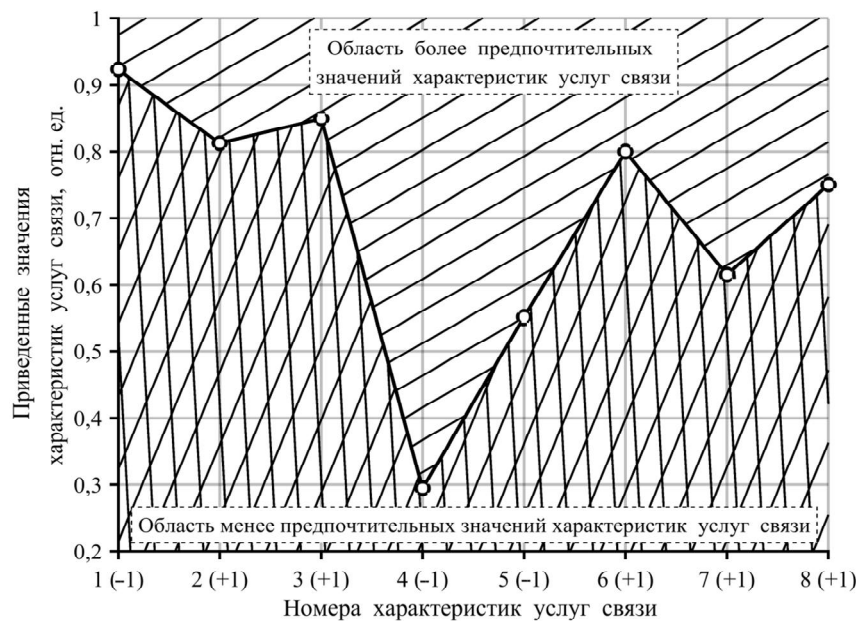


Рис. 1. Области предпочтительных и менее предпочтительных характеристик услуг операторов мобильной связи

Fig. 1. Areas of preferred and less preferred characteristics of mobile operators' services

На рис. 1 линия с маркерами представляет собой график приведенных средних значений характеристик услуг операторов мобильной связи в соответствии с данными из табл. 4.

**Результаты экспериментального исследования**

На основе данных табл. 1, 3, 4 опишем алгоритм определения метрик качества, с помощью которых ранжируется качество характеристик услуг операторов мобильной связи. Прежде заметим, что количество операторов связи может быть

практически любым (в разумных пределах). Аналогично можно ввести в рассмотрение и дополнительные услуги связи, это не скажется на предлагаемом эвристическом алгоритме, начало которого рассмотрено выше. Реальное ограничение будет связано с конфигурацией и характеристиками компьютера, на котором предполагается программная реализация предлагаемого алгоритма.

**Шаги предлагаемого эвристического программного алгоритма.**

Шаг 1. Подготовка данных об услугах (о характеристиках) операторов мобильной связи с сохранением в файле.

Шаг 2. Загрузка файла с данными услуг (характеристик) операторов мобильной связи.

Шаг 3. Выделение матрицы числовых данных  $A_{ik}$ , наименования строк  $N_i$  и столбцов  $C_k$ , соответствующих исследуемым операторам и их услугам (характеристикам).

Шаг 4. Преобразование матрицы  $A_{ik}$  к приведенным значениям относительно максимальных значений каждого столбца, например к матрице  $RTV_{ik}$  (англ. *relative*). В результате в дальнейшем используется матрица с безразмерными значениями соответствующих характеристик, которые по абсолютной величине могут иметь значительный разброс. Значения  $RTV_{ik}$  могут принадлежать отрезку  $[0; 1]$ .

Шаг 5. Определение средних арифметических значений  $E_k$  услуг (характеристик) столбцов матрицы  $RTV_{ik}$  в виде одномерного массива, число элементов которого равно количеству рассматриваемых характеристик операторов связи.

Шаг 6. Включение в алгоритм одномерного массива  $P_k$  кодированных значений услуг (характеристик) операторов связи.

Шаг 7. Обход приведенной числовой матрицы  $RTV_{ik}$ . Если во вложенном цикле текущее значение  $C_k$  тождественно равно  $+1$ , то рассчитывается величина (маркер)  $d = RTV_{ik} - E_k$ , заносится во временную переменную, например, с именем  $Ldm$ . Если  $C_k$  тождественно равно  $-1$ , то рассчитывается маркер  $m = E_k - RTV_{ik}$  и также заносится в  $Ldm$ .

Шаг 8. На каждой итерации внешнего цикла по числу строк матрицы  $RTV_{ik}$  величина  $Ldm$  заносится в ассоциативный контейнер, например, с именем  $L_i$ , в котором в качестве ключа используется числовой маркер из  $Ldm$ , а в качестве значения – наименование оператора мобильной связи.

Шаг 9. Сортировка числовых маркеров качества, находящихся в  $L_i$ .

Шаг 10. На основе шага 9 производится ранжирование операторов мобильной связи с указанием величины маркеров качества.

**Характеристика предлагаемого алгоритма.** Примеры ранжирования объектов, примеры оценки качества услуг связи основаны на разнообразных подходах, некоторые из них приведены в [5, 6].

В соответствии с тестовыми данными (см. табл. 3, 4), индексы  $y$  массивов изменяются в следующих пределах:  $i = 1, 2, \dots, 4, k = 1, 2, \dots, 8$ . Соответственно, кодированные значения характеристик равны  $-1, +1, +1, -1, -1, +1, +1, +1$ .

Проведенные расчеты сведены в табл. 5.

Таблица 5

Table 5

**Результат ранжирования тестовых операторов мобильной связи**

**Ranking result of the tested mobile operators**

№ п/п	Оператор	Метрика качества
1	Оператор № 2	-0,769561
2	Оператор № 3	-0,362285
3	Оператор № 4	0,444559
4	Оператор № 1	0,687287

По данным табл. 5 наиболее предпочтительный оператор мобильной связи – Оператор № 1, а менее предпочтительным оператором является Оператор № 2. Значения метрик качества приведенных услуг не выходят из отрезка  $[-1; +1]$ , при этом положительное максимальное значение маркера будет соответствовать наиболее востребованному оператору мобильной связи.

В табл. 5 имена операторов не раскрываются, чтобы показать возможность анализа не только дополнительных операторов, но и дополнительных характеристик услуг связи, таких, например, как характеристики голосовой связи (четкость передачи речи), зона охвата (доступность сети) и др. Особенностью подготовки данных является выявление характеристик услуг, прямо пропорциональных качеству характеристик операторов мобильной связи ( $+1$ ), и обратно пропорциональных ( $-1$ ). Во многих случаях это интуитивно очевидно. В то же время следует допустить, что тот или иной пользователь может иметь свое мнение. Но в этом случае алгоритм будет работать с заданными условиями пользователя.

В соответствии с пересчитанными данными предлагается диаграмма (рис. 2), где показаны графики средних приведенных значений характеристик, а также наиболее предпочтительного оператора (лучший оператор) и менее предпочтительного оператора (худший оператор).

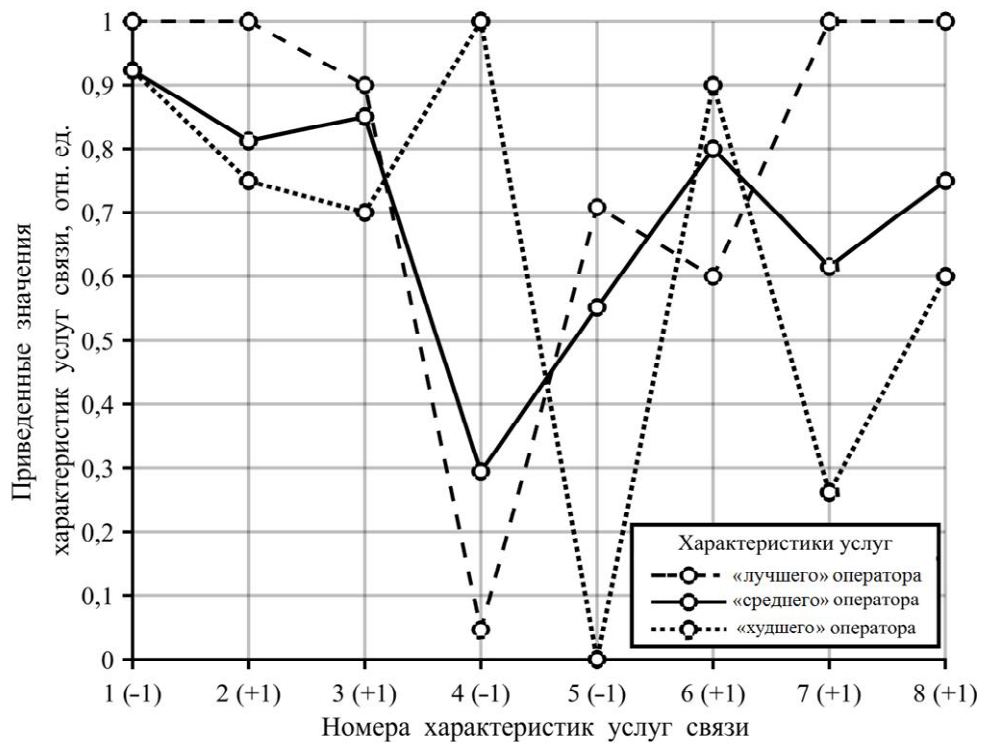


Рис. 2. Графики более предпочтительных, средних и менее предпочтительных характеристик услуг операторов мобильной связи

Fig. 2. Diagrams of more preferred, average and less preferred characteristics of the mobile operators' services

Кривая характеристик услуг лучшего оператора (№ 1) большей частью располагается выше кривой приведенных средних характеристик услуг; кривая характеристик услуг худшего оператора (№ 2) большей частью располагается ниже кривой средних приведенных значений характеристик услуг операторов мобильной связи.

### Заключение

В статье рассмотрен эвристический метод оценки качества услуг операторов мобильной связи. Предлагаемый метод может быть оперативно реализован практически на любом языке программирования. Авторы использовали Python, C#, MATLAB. Особенностью предлагаемого метода является то, что он может быть применен практи-

чески к любым объектам, среди которых необходимо выбрать наиболее предпочтительный объект с несколькими разнородными характеристиками услуг или свойствами объектов. Также следует отметить, что объекты могут иметь не только разнородные свойства, но и однородные, например в кодировке (+1). В то же время авторы еще раз отмечают, что предложенный метод оценки качества услуг операторов мобильной связи носит эвристический характер, поэтому в дальнейшем он должен быть математически обоснован. В качестве элемента новизны следует отметить приведение к относительным единицам характеристик относительно максимальных значений характеристик операторов мобильной связи.

### Список источников

1. Макаров В. В., Протасов С. Н., Стародубов Д. О. Использование совокупности методов контроля для объективной оценки качества услуг мобильной связи // Проблемы современной экономики. 2017. № 2 (62). С. 202–204.
2. Макаров В. В., Гусев В. И., Сеница С. А. Методический подход к оценке информационных ресурсов // Информационные технологии и телекоммуникации. 2013. № 3 (3). С. 72–78.
3. Слуцкий М. Г., Макаров В. В., Посадский Д. А. Оценка эффективности СМК и ее взаимосвязь с концепцией TQM // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 6-2 (88). С. 168–171.
4. Кантор В. Е., Сметанина Т. В. Качество товаров, услуг в условиях трансформации экономических отношений, обусловленных цифровизацией и кризисами // Проблемы современной экономики. 2021. № 1 (77). С. 51–55.

5. Афонин В. В., Савкина А. В., Никулин В. В. Алгоритм и методика ранжирования группы растровых изображений // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2021. № 4. С. 58–67. DOI: 10.24143/2072-9502-2021-4-58-67.

6. Гладкова М. А., Зенкевич Н. А., Сорокина А. А. Методика интегральной оценки и выбора качества услуг и ее реализация на примере рынка мобильной связи Санкт-Петербурга // Вестн. Санкт-Петербург. ун-та. Сер. Менеджмент. 2011. Вып. 3. С. 60–95.

## References

1. Makarov V. V., Protasov S. N., Starodubov D. O. Ispol'zovanie sovokupnosti metodov kontrolya dlia ob"ektivnoi otsenki kachestva uslug mobil'noi svyazi [Using set of control methods for objective quality assessment of mobile communication services]. *Problemy sovremennoi ekonomiki*, 2017, no. 2 (62), pp. 202-204.

2. Makarov V. V., Gusev V. I., Sinitsa S. A. Metodicheskiy podkhod k otsenke informatsionnykh resursov [Methodical approach to evaluation of information resources]. *Informatsionnye tekhnologii i telekommunikatsii*, 2013, no. 3 (3), pp. 72-78.

3. Slutskii M. G., Makarov V. V., Posadskii D. A. Otsenka effektivnosti SMK i ee vzaimosv'яз' s kontseptsiei TQM [Evaluating effectiveness of QMS and its relationship with concept of TQM]. *Ekonomika i biznes: teoriia i praktika*, 2022, no. 6-2 (88), pp. 168-171.

4. Kantor V. E., Smetanina T. V. Kachestvo tovarov, uslug v usloviakh transformatsii ekonomicheskikh otnoshenii, obuslovlennykh tsifrovizatsiei i krizisami [Quali-

ty of goods, services in context of transformation of economic relations due to digitalization and crises]. *Problemy sovremennoi ekonomiki*, 2021, no. 1 (77), pp. 51-55.

5. Afonin V. V., Savkina A. V., Nikulin V. V. Algoritm i metodika ranzhirovaniia gruppy rastroykh izobrazhenii [Algorithm and method of ranking group of raster images]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naia tekhnika i informatika*, 2021, no. 4, pp. 58-67. DOI: 10.24143/2072-9502-2021-4-58-67.

6. Gladkova M. A., Zenkevich N. A., Sorokina A. A. Metodika integral'noi otsenki i vybora kachestva uslug i ee realizatsiia na primere rynka mobil'noi svyazi Sankt-Peterburga [Method of integral assessment and choice of service quality and its implementation in case of mobile communications market of St. Petersburg]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya: Menedzhment*, 2011, iss. 3, pp. 60-95.

Статья поступила в редакцию 19.09.2022; одобрена после рецензирования 05.12.2022; принята к публикации 05.04.2023  
The article is submitted 19.09.2022; approved after reviewing 05.12.2022; accepted for publication 05.04.2023

## Информация об авторах / Information about the authors

**Владимир Валерьевич Никулин** – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой инфокоммуникационных технологий и систем связи; Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева; nikulinvv@mail.ru

**Vladimir V. Nikulin** – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Head of the Department of Infocommunication Technologies and Communication Systems; National Research Ogarev Mordovia State University; nikulinvv@mail.ru

**Виктор Васильевич Афонин** – кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления; Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева; vvafofin53@yandex.ru

**Viktor V. Afonin** – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Automated Information Processing Systems and Management; National Research Ogarev Mordovia State University; vvafofin53@yandex.ru

