

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004.93

DOI 10.55421/3034-4689\_2025\_28\_5\_81

**Р. Н. Минниханов, Т. Р. Баторшин, Р. М. Габбазов,  
Р. И. Фахразиев, А. С. Катасёв, М. В. Дагаева**

**МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ИСКАЖЕНИЙ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ  
В СИСТЕМАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ**

*Ключевые слова: видеонаблюдение, компьютерное зрение, статистические методы, оптический поток, автоматическое распознавание объектов, искажения изображения.*

Статья посвящена решению задачи выявления искажений на изображениях в системах компьютерного зрения. Искажения могут существенно снижать точность алгоритмов компьютерного зрения, приводя к ошибкам в распознавании объектов, ложным срабатываниям или пропуску критически важных событий. Традиционные методы обнаружения искажений включают анализ гистограмм яркости, частотных характеристик и пространственных градиентов. Однако большинство существующих решений либо имеют недостаточную точность, либо требуют значительных вычислительных ресурсов, что ограничивает их применение. В данной работе рассматривается гибридный подход к детекции искажений, сочетающий статистические методы анализа изображений и вычисление плотности оптического потока. Такой подход позволяет охватить большое количество различных видов искажений и эффективно обнаруживать их при минимальных вычислительных затратах, что особенно важно для систем реального времени. Для разработки подхода проанализированы методы обнаружения артефактных изображений: анализ яркости, проверка на низкую контрастность, обнаружение вертикальных полос, выявление блоковых искажений. Сравнительный анализ этих методов показал, что ни один из них не позволяет эффективно выявлять различные искажения на изображениях. Для повышения эффективности решения этой задачи предложено использовать комбинированный метод, включающий в себя все рассмотренные методы. Метод последовательно проверяет изображение на пересвеченные участки, низкую контрастность, вертикальные полосы и блоковые искажения, после чего формирует итоговый вывод. Если любой из детекторов выявляет значительные искажения, изображение помечается как артефактное. Для оценки эффективности предложенного метода было проведено его тестирование на выборке из 700 изображений, полученных с уличных камер видеонаблюдения города Казани. Половина изображений были без искажений, а другая половина – с различными видами искажений и с разной степенью их выраженности. По результатам тестирования выявлено 363 истинно положительных результатов классификации, 8 ложно положительных результатов и 329 истинно отрицательных. Рассчитаны значения метрик качества классификации:  $accuracy = 98,86\%$ ,  $precision = 97,84\%$ ,  $recall = 100\%$  и  $F1-score = 98,91\%$ . Полученные результаты позволяют судить о высокой эффективности комбинированного метода выявления искажений на изображениях. Результаты работы могут быть успешно применены в системах мониторинга с использованием видеонаблюдения и в других предметных областях, где критически важна высокая точность обработки изображений.

**R. N. Minnikhanov, T. R. Batorshin, R. M. Gabbazov,  
R. I. Fakhriziev, A. S. Katasev, M. V. Dageeva**

**METHODS OF DETECTING DISTORTIONS IN IMAGES IN COMPUTER VISION SYSTEMS**

*Keywords: video surveillance, computer vision, statistical methods, optical flow, automatic object recognition, image distortion.*

The article is devoted to solving the problem of detecting image distortions in computer vision systems. Distortions can significantly reduce the accuracy of computer vision algorithms, leading to errors in object recognition, false positives, or missing critical events. Traditional methods of distortion detection include the analysis of brightness histograms, frequency characteristics, and spatial gradients. However, most existing solutions either have insufficient accuracy or require significant computing resources, which limits their application. This paper considers a hybrid approach to distortion detection that combines statistical methods of image analysis and optical flow density calculation. This approach allows you to cover a large number of different types of distortions and effectively detect them with minimal computational costs, which is especially important for real-time systems. To develop the approach, methods for detecting artifact images were analyzed: brightness analysis, low contrast testing, vertical stripe detection, and block distortion detection. A comparative analysis of these methods showed that none of them allows you to effectively detect various distortions in images. To improve the efficiency of solving this problem, it is proposed to use a combined method that includes all the considered methods. The method sequentially checks the image for overexposed areas, low contrast, vertical stripes and block distortions, and then forms the final output. If any of the detectors detects significant distortions, the image is marked as artifactual. To assess the efficiency of the proposed method, it was tested on a sample of 700 images obtained from street surveillance cameras in the city of Kazan. Half of the images were without distortions, and the other half had various types of distortions and with varying degrees of their severity. Based on the testing results, 363 true positive classification results, 8 false positive results and 329 true negative results were identified. The following classification quality metrics were calculated:  $accuracy = 98.86\%$ ,  $precision = 97.84\%$ ,  $recall = 100\%$  and  $F1-score = 98.91\%$ . The obtained results allow us to judge the high efficiency of the combined method for detecting distortions in images. The results of the work can be successfully applied in monitoring systems using video surveillance and in other subject areas where high accuracy of image processing is critically important.

## Введение

В настоящее время системы компьютерного зрения и цифровой обработки изображений играют одну из ключевых ролей в автоматизации различных процессов [1-3]. Однако одной из распространенных проблем при работе с изображениями является наличие искажений, возникающих из-за технических сбоев, сжатия данных или неблагоприятных условий съемки (погодные условия, физические помехи и др.) [4, 5]. Такие искажения могут существенно снижать точность алгоритмов компьютерного зрения, приводя к ошибкам в распознавании объектов, ложным срабатываниям или пропуску критически важных событий [6].

Например, в системах мониторинга парковок [7], основанных на компьютерном зрении, искажения изображения (такие как пересвет, шумы, блоковые искажения или вертикальные полосы) могут приводить к некорректному определению занятости парковочных мест. Это, в свою очередь, снижает эффективность управления и приводит к ложным срабатываниям. Даже незначительные искажения в видеопотоке способны уменьшить точность детекции объектов, что делает задачу автоматического выявления искажений особенно актуальной [5].

Традиционные методы обнаружения искажений включают анализ гистограмм яркости, частотных характеристик (например, с помощью дискретного косинусного преобразования) и пространственных градиентов [8]. Однако большинство существующих решений либо имеют недостаточную точность, либо требуют значительных вычислительных ресурсов, что ограничивает их применение в реальном времени. Например, современные подходы, основанные на машинном обучении [9-12], демонстрируют высокую эффективность, но их внедрение затруднено из-за необходимости большого количества размеченных данных для обучения и высокой сложности самих моделей [13, 14].

В данной работе рассматривается гибридный подход к детекции искажений [15], сочетающий статистические методы анализа изображений (квантильная оценка яркости, проверка контраста) и вычисление плотности оптического потока. Такой подход позволяет охватить большое количество различных видов искажений и эффективно обнаруживать их при минимальных вычислительных затратах, что особенно важно для систем, работающих в реальном времени [16].

### Анализ методов обнаружения артефактных изображений

Существуют различные методы выявления артефактов на изображениях [17-19]: анализ яркости, проверка на низкую контрастность, обнаружение вертикальных полос, выявление блоковых искажений. Проведем сравнение этих методов.

Одним из наиболее простых и эффективных методов является анализ распределения яркости пикселей [20]. Метод базируется на вычислении статистических характеристик изображения, таких как средняя яркость и квантильное распределение.

Как известно, значение для измерения цифровой яркости у изображений варьируется от 0 до 255, где 0 – черный, 255 – белый, а, например, 200 означает, что на 80% изображениях преобладают яркие, близкие к белому, тона. Расчет средней яркости позволяет определить степень общего пересвета: если значение превышает 200, то кадр считается артефактным из-за присутствия пересветов на изображении.

В этом методе также проводится квантильный анализ, при котором вычисляются 10-й и 90-й процентиля распределения яркости, что позволяет определить наличие недоэкспонированных (темных) и пересвеченных (светлых) областей. При переводе изображений в градации серого метод хорошо выявляет также монохромные искажения.

На рисунке 1 показан пример работы метода.

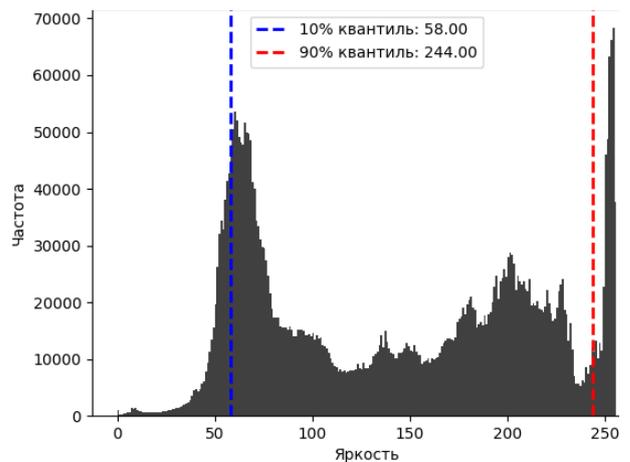


Рис. 1 – Пример гистограммы яркости и результатов квантильного анализа

Fig. 1 – Example of a brightness histogram and quantile analysis results

Данный метод позволяет эффективно обнаруживать яркостные искажения, однако он не способен различать локальные пересветы и блики.

Рассмотрим метод проверки на низкую контрастность [21]. Контраст является важным показателем качества изображения. Недостаток или переизбыток этого показателя влияет на его информативность. Для оценки контраста применяется метод, основанный на вычислении разницы между самыми светлыми и темными участками изображения. Исходное изображение сначала преобразуется в градации серого, после чего определяется диапазон яркости. Если диапазон оказывается ниже эмпирического порога (например, 53% контрастности), то изображение классифицируется как малоконтрастное. Метод позволяет обнаружить «размытые» изображения, снятые в условиях недостаточного освещения или тумана. Точность метода может снижаться при наличии локальных потерь контраста, а выбор порогового значения требует предварительной калибровки для различных условий съемки.

Рассмотрим метод обнаружения вертикальных полос на изображениях [22]. Они могут возникать из-за аппаратных дефектов камеры или интерференции. Метод основан на анализе распределения яркости по вертикальным столбцам изображения.

В первую очередь вычисляется средняя яркость каждого столбца. Затем рассчитывается разность яркостей между соседними столбцами. Если разница превышает установленный порог (например, 20), соответствующий столбец классифицируется как содержащий искажение. При наличии значительного количества таких столбцов (например, более трех) изображение признается содержащим вертикальные полосы. Однако метод может давать ложные срабатывания при условии, что камера направлена на то место, где имеется множество однородных вертикальных объектов. В таком случае требуется калибровка порога для различных камер.

Еще один метод – выявление блоковых искажений [23]. Такие искажения характерны для изображений, подвергшихся сильному JPEG-сжатию. Они могут быть выявлены с помощью оценки локальных искажений с использованием оптического потока. Этот метод основан на алгоритме Farneback [24], предназначенном для вычисления разницы в плотности оптического потока между эталонным и анализируемым изображением. Если средняя ошибка (евклидова норма медианных смещений) превышает заданный порог, то изображение классифицируется как содержащее блоковые искажения. Метод обладает высокой точностью при работе с любыми JPEG-искажениями, но требует наличия эталонного изображения.

Таким образом, ни один из рассмотренных методов не позволяет эффективно выявлять различные искажения на изображениях. Для повышения эффективности решения этой задачи предложено использовать комбинированный метод, включающий в себя все рассмотренные методы.

#### Применение комбинированного метода для выявления искажений на изображениях

Чтобы эффективно обнаруживать искажения на изображениях все рассмотренные методы были интегрированы в одну функцию. Эта функция оценивает изображение по нескольким параметрам и возвращает булево значение: True и тип искажения (если искажения обнаружены) и False (если существенных искажений нет). Метод последовательно проверяет изображение на пересвеченные участки, низкую контрастность, вертикальные полосы и блоковые искажения, после чего формирует итоговый вывод. Если любой из детекторов выявляет значительные искажения, изображение помечается как артефактное.

Для оценки эффективности предложенного метода было проведено его тестирование на выборке из 700 изображений, полученных с уличных камер видеонаблюдения города Казани. Половина изображений были без искажений, а другая половина – с различными видами искажений и с разной степенью их выраженности.

На рисунках 2 и 3 представлены примеры изображений без искажений и с искажениями.



Рис. 2 – Пример изображения без искажений

Fig. 2 – An example of images without distortion



Рис. 3 – Пример изображения с искажениями

Fig. 3 – Examples of images with distortions

Выборка включает как изображения с явно выраженными искажениями, так и более сложные случаи, которые можно назвать спорными. Результаты экспериментальных исследований показали, что применение комбинированного метода позволяет успешно выявлять все изображения, содержащие хотя бы один из рассмотренных видов искажений. Это подтверждает его высокую чувствительность к различным типам дефектов.

Однако было зафиксировано 8 ложноположительных срабатываний, при которых метод ошибочно классифицировал нормальные изображения как содержащие искажения. На рисунках 4 и 5 представлены примеры таких изображений.



Рис. 4 – Пример ложно-артефактного изображения с вертикальными полосами

Fig. 4 – An example of a false-artifact image with vertical stripes



Рис. 5 – Пример ложно-артефактного изображения с сильной контрастностью

Fig. 5 – An example of a false-artifact image with strong contrast

Анализ ложных срабатываний показал, что большинство из них связано с неоднородным освещением сцены, наличием теней или сложной текстурой объектов. Например, изображения с резкими световыми переходами или бликами могли ошибочно классифицироваться как пересвеченные.

Ложных срабатываний можно избежать, если в комбинированном методе учитывать условия съемки: место расположения камеры, освещение и погодные условия и др. Несмотря на эти ограничения, общая точность оказалась достаточно высокой, что делает комбинированный метод применимым для решения задачи автоматической фильтрации изображений с искажениями в различных системах обработки визуальных данных [25].

По результатам тестирования метода получены следующие результаты:

- число истинно положительных результатов классификации (TP): 363;
- число ложно положительных результатов классификации (FP): 8;
- число истинно отрицательных результатов классификации (TN): 329;
- число ложно отрицательных результатов классификации (FN): 0.

Таким образом, имеем следующие значения метрик качества классификации [26]:

- accuracy = 98,86%;
- precision = 97,84%;
- recall = 100%;
- F1-score = 98,91%.

Полученные результаты позволяют судить о высокой эффективности комбинированного метода выявления искажений на изображениях в системах компьютерного зрения. Результаты работы могут быть применены в системах мониторинга с использованием видеонаблюдения и в других областях, где критически важна высокая точность обработки изображений: в системах мониторинга парковочных мест [27], в транспортной безопасности [28, 29], для детекции аномалий движения транспортных средств [30], аварий и нарушений ПДД [31], а также в системе «умный город» для управления транспортной инфраструктурой [32]. Таким образом, предложенный подход способен повысить эффективность применения систем компьютерного зрения в различных предметных областях.

## Заключение

Результаты исследования показали, что интеграция нескольких методов позволяет повысить точность обнаружения искажений на изображениях. Комбинированный метод, компенсируя недостатки отдельных методов, показал высокий уровень точности на выборке из 700 изображений. В дальнейшем целесообразно совершенствование предложенного метода за счет регулировки параметров пороговой фильтрации, добавления новых методов для обнаружения артефактных изображений, адаптации их под конкретные условия съемки.

## Литература

1. И.В. Редин, В.А. Шеин, *Colloquium-Journal*, 27-1 (51), 70-72 (2019).
2. Н.С. Баймулдина, А.Н. Байжуманов, *Universum: технические науки*, 12-1 (105), 18-24 (2022).
3. А.Д. Обухов, А.О. Назарова, *Мехатроника, автоматизация, управление*, **24**, 1, 14-23 (2023).
4. Ю.Е. Воскобойников, *Автометрия*, **56**, 6, 3-10 (2020).
5. А.М. Китенко, *Системы анализа и обработки данных*, 4 (84), 7-18 (2021).
6. M. Kwon, S. Nam, I. Yu, H. Lee, *International Journal of Computer Vision*, **130**, 8, 1875-1895 (2022).
7. В.С. Панина, Г.Э. Амеличев, Ю.С. Белов, *Научное обозрение. Технические науки*, 4, 17-21 (2022).
8. А.И. Серова, А.И. Спивак, *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*, **18**, 2, 299-306 (2018).
9. А.И. Баринев, Д.В. Катасёва, А.С. Катасёв, *Вестник Технологического университета*, **23**, 10, 64-67 (2020).
10. М.В. Дагаева, Д.В. Катасёва, А.С. Катасёв, *Информация и безопасность*, **21**, 3, 366-371 (2018).
11. А.З. Асанов, И.Ю. Мышкина, *Проблемы управления*, 1, 31-39 (2017).
12. Н.Н. Зиятдинов, И.И. Емельянов, Т.В. Лаптева, А.А. Рыжова, А.Н. Игнатьев, *Теоретические основы химической технологии*, **54**, 2, 144-162 (2020).
13. Хряшев В.В., Седов А.Г., Приоров А.Л., *Цифровая обработка сигналов*. 2024. № 3. С. 44-49.
14. А.С. Катасёв, М.А. Подольская, *Неврологический вестник*, **38**, 3-4, 85-90 (2006).
15. А.Н. Каркищенко, В.Б. Мнухин, *Известия ЮФУ. Технические науки*, 2 (219), 141-154 (2021).
16. S.K. Bhagyashri, M.R. Archana, *Computer Science and Information Technologies*, **4**, 1, 85-94 (2023).
17. Б.Х. Нурғалиев, Д.В. Катасёва, А.С. Катасёв, *Вестник Технологического университета*, **24**, 1, 104-107 (2021).
18. А.А. Varlamova, A.V. Kuznetsov, *Computer Optics*, **41**, 6, 920-930 (2017).
19. Н.И. Евдокимова, А.В. Кузнецов, *Компьютерная оптика*, **41**, 1, 79-87 (2017).
20. С.А. Ляшева, М.П. Шлеймович, *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии*, 4 (52), 21-31 (2020).
21. А.Д. Чупров, Н.А. Жедяле, *Современные технологии в офтальмологии*, 5, 92-97 (2023).
22. К.В. Панфилова, *DSPA: Вопросы применения цифровой обработки сигналов*, **6**, 3, 618-622 (2016).
23. Д.Г. Краус, П.Г. Смирнов, А.Г. Ташлинский, *Информационно-измерительные и управляющие системы*, **16**, 11, 40-46 (2018).
24. A. Pabst, D. Bruhlmann, *Clinical Oral Implants Research*, **32**, S22, 73-74 (2021).
25. З.М. Гизатуллин, Р.М. Гизатуллин, М.Г. Нуриев, *Радиотехника и электроника*, **66**, 6, 609-613 (2021).

26. В.А. Архипов, *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 9-2, 12-15 (2019).
27. Р.Н. Минниханов, А.З. Махмутова, А.И. Сабиров, *Современная наука*, 3, 92-96 (2021).
28. А.А. Сибгатуллин, А.С. Катасёв, *Вестник Технологического университета*, **25**, 12, 139-143 (2022).
29. Л.Р. Габдурахманов, Р.Н. Минниханов, Р.Ф. Тинчурин, *Научный портал МВД России*, 1 (57), 41-50 (2022).
30. R.N. Minnikhanov, I.V. Anikin, M.V. Dagaeva, P.A. Chernyshevskij, A.R. Kadyrov, *Вестник НЦБЖД*, 4 (58), 80-88 (2023).
31. Р.Ш. Ахмадиева, Р.Н. Минниханов, *Вестник НЦБЖД*, 2 (8), 22-31 (2011).
32. Ю.А. Тунакова, С.В. Новикова, *Безопасность жизнедеятельности*, 10, 40-45 (2006).
13. Khryashchev V.V., Sedov A.G., Priorov A.L., *Digital signal processing*. 2024. № 3. С. 44-49.
14. A.S. Katasev, M.A. Podolskaya, *Neurological Bulletin*, **38**, 3-4, 85-90 (2006).
15. A.N. Karkishchenko, V.B. Mnukhin, *Izvestiya SFedU. Technical sciences*, 2 (219), 141-154 (2021).
16. S.K. Bhagyashri, M.R. Archana, *Computer Science and Information Technologies*, **4**, 1, 85-94 (2023).
17. B.Kh. Nurgaliev, D.V. Kataseva, A.S. Katasev, *Herald of Technological University*, **24**, 1, 104-107 (2021).
18. A.A. Varlamova, A.V. Kuznetsov, *Computer Optics*, **41**, 6, 920-930 (2017).
19. N.I. Evdokimova, A.V. Kuznetsov, *Computer Optics*, **41**, 1, 79-87 (2017).
20. S.A. Lyasheva, M.P. Shleimovich, *Caspian Journal: management and high technology*, 4 (52), 21-31 (2020).
21. A.D. Chuprov, N.A. Zhedyale, *Modern technologies in ophthalmology*, 5, 92-97 (2023).
22. K.V. Panfilova, *DSPA: Applications of digital signal processing*, **6**, 3, 618-622 (2016).
23. D.G. Kraus, P.G. Smirnov, A.G. Tashlinsky, *Information, measuring and control systems*, **16**, 11, 40-46 (2018).
24. A. Pabst, D. Bruhlmann, *Clinical Oral Implants Research*, **32**, S22, 73-74 (2021).
25. Z.M. Gizatullin, R.M. Gizatullin, M.G. Nuriev, *Radio engineering and electronics*, **66**, 6, 609-613 (2021).
26. V.A. Arkhipov, *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*, 9-2, 12-15 (2019).
27. R.N. Minnikhanov, A.Z. Makhmutova, A.I. Sabirov, *Modern science*, 3, 92-96 (2021).
28. A.A. Sibgatullin, A.S. Katasev, *Herald of Technological University*, **25**, 12, 139-143 (2022).
29. L.R. Gabdurakhmanov, R.N. Minnikhanov, R.F. Tinchurin, *Scientific portal of the Ministry of Internal Affairs of Russia*, 1 (57), 41-50 (2022).
30. R.N. Minnikhanov, I.V. Anikin, M.V. Dagaeva, P.A. Chernyshevskij, A.R. Kadyrov, *Bulletin of the National Central Railways*, 4 (58), 80-88 (2023).
31. R.Sh. Akhmadieva, R.N. Minnikhanov, *Bulletin of the National Center for Railways*, 2 (8), 22-31 (2011).
32. Yu.A. Tunakova, S.V. Novikova, *Life Safety*, 10, 40-45 (2006).

## References

1. I.V. Redin, V.A. Shein, *Colloquium-Journal*, 27-1 (51), 70-72 (2019).
2. N.S. Baimuldina, A.N. Baizhumanov, *Universum: technical sciences*, 12-1 (105), 18-24 (2022).
3. A.D. Obukhov, A.O. Nazarova, *Mechatronics, automation, control*, **24**, 1, 14-23 (2023).
4. Yu.E. Voskoboinikov, *Autometry*, **56**, 6, 3-10 (2020).
5. A.M. Kitenko, *Systems of data analysis and processing*, 4 (84), 7-18 (2021).
6. M. Kwon, S. Nam, I. Yu, H. Lee, *International Journal of Computer Vision*, **130**, 8, 1875-1895 (2022).
7. V.S. Panina, G.E. Amelichev, Yu.S. Belov, *Scientific Review. Technical Sciences*, 4, 17-21 (2022).
8. A.I. Serova, A.I. Spivak, *Scientific and Technical Bulletin of Information Technologies, Mechanics and Optics*, **18**, 2, 299-306 (2018).
9. A.I. Barinov, D.V. Kataseva, A.S. Katasev, *Herald of Technological University*, **23**, 10, 64-67 (2020).
10. M.V. Dagaeva, D.V. Kataseva, A.S. Katasev, *Information and Security*, **21**, 3, 366-371 (2018).
11. A.Z. Asanov, I.Yu. Myshkina, *Problems of Management*, 1, 31-39 (2017).
12. N.N. Ziyatdinov, I.I. Emelyanov, T.V. Lapteva, A.A. Ryzhova, A.N. Ignatiev, *Theoretical foundations of chemical technology*, **54**, 2, 144-162 (2020).

© **Р. Н. Минниханов** – д-р техн. наук, профессор, Президент Академии наук Республики Татарстан, директор ГБУ «Безопасность дорожного движения», Казань, Россия, Priemnaya.Minnihanov@tatar.ru; **Т. Р. Баторшин** – магистрант кафедры Автоматизации технологических процессов и производств, Казанский государственный энергетический университет, timur.batorshin.02@gmail.com; **Р. М. Габбазов** – магистрант кафедры Автоматизированных систем обработки информации и управления, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ им. А.Н. Туполева), GabbazovRM@stud.kai.ru; **Р. И. Фахразиев** – магистрант кафедры Систем информационной безопасности (СИБ), КНИТУ им. А.Н. Туполева, FakhrazievRI@stud.kai.ru; **А. С. Катасёв** – д-р техн. наук, профессор кафедры СИБ, КНИТУ им. А.Н. Туполева, ASKatasev@kai.ru; **М. В. Дагаева** – канд. техн. наук, начальник Центра разработки и сопровождения информационных систем ГБУ «Безопасность дорожного движения», its.center.kzn@gmail.com.

© **R. N. Minnikhanov** – Doctor of Sciences (Technical Sci.), Professor, President of Tatarstan Academy of Sciences, Director of the SBI "Road Safety", Kazan, Russia, Priemnaya.Minnihanov@tatar.ru; **T. R. Batorshin** – Master-student of Automation of Technological Processes and Production Department, Kazan State Power Engineering University, timur.batorshin.02@gmail.com; **R. M. Gabbazov** – Master-student of Automated Information Processing and Control Systems Department, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev (KNRTU named after A.N. Tupolev), GabbazovRM@stud.kai.ru; **R. I. Fakhraziev** – Master-student of Information Security Systems (ISS) department, KNRTU named after A.N. Tupolev, FakhrazievRI@stud.kai.ru; **A. S. Katasev** – Doctor of Sciences (Technical Sci.), Professor of the ISS department, KNRTU named after A.N. Tupolev, ASKatasev@kai.ru; **M. V. Dagaeva** – PhD, Head of the Center for Development and Maintenance of Information Systems of the SBI "Road Safety", its.center.kzn@gmail.com.

Дата поступления рукописи в редакцию – 23.04.25.

Дата принятия рукописи в печать – 08.05.25.