



Прикладные проблемы оптимизации

<https://doi.org/10.25559/SITITO.019.202304.957-963>

УДК 004.932

Компенсация низкой освещённости и контуража в системах распознавания образов

Д. А. Абрамов*, В. Л. Токарев

Тезисы доклада на конференции

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г. Тула,
Российская Федерация

Адрес: 300012, Российская Федерация, Тульская область, г. Тула,
проспект Ленина, д. 92

* sipai-dima@mail.ru

Аннотация

Представленная работа посвящена решению частных проблем, возникающих в информационно-измерительных системах распознавания образов. В данной работе рассмотрены, проблемы, связанные с обеспечением работы систем распознавания образов в условиях наличия недостаточной освещённости на наблюдаемой сцене, которые наиболее часто выражаются в наличии низкого контраста объект – фон и приводят к возникновению эффекта контуража, на видеопоследовательностях, что существенно ограничивает область применения систем распознавания образов. В работе приведён анализ типовых причин возникновения рассмотренных проблем, включая технологические ограничения и методов борьбы с подобными эффектами. Предложены методы, основанные на слиянии изображений, которые позволят частично компенсировать влияние упомянутых эффектов, способные работать на различных классах сцен. Предложенные методы используют специальные методы обработки изображений, отличающиеся различной производительностью. Представлено теоретическое обоснование предложенных методов. Показано что они позволят компенсировать влияние указанных эффектов, и как следствие этого, повысить качество работы промышленных систем распознавания образов, что может послужить основанием для расширения сферы их применения.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, предварительная обработка изображений, методы компенсации недостаточной освещённости, системы распознавания образов и видеоаналитики, системы промышленной автоматизации на предприятиях

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Абрамов Д. А., Токарев В. Л. Компенсация низкой освещённости и контуража в системах распознавания образов // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2023. Т. 19, № 4. С. 957-963. <https://doi.org/10.25559/SITITO.019.202304.957-963>

© Абрамов Д. А., Токарев В. Л., 2023



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



Applied Optimization Problems

Compensation of Low Illumination and Contour Effect in Pattern Recognition Systems

D. A. Abramov^{*}, V. L. Tokarev

Short report

Tula State University, Tula, Russian Federation

Address: 92 Prospekt Lenina, Tula 300012, Russian Federation

^{*} sipai-dima@mail.ru

Abstract

The presented work is devoted to solving specific problems in information and measurement systems for pattern recognition. This work examines the problems associated with ensuring the operation of image recognition systems in conditions of insufficient illumination in the observed scene. These problems are most often expressed in the presence of low object-background contrast and lead to the appearance of a contour effect in video frames. These effects significantly limit the scope of application of image recognition systems. The work provides an analysis of typical causes of the problems considered, including technological limitations. An overview of methods to compensate such effects. In this work, we proposed our own methods that will partially compensate for the influence of the considered effects, capable of working on various classes of scenes. The proposed methods are based on image fusion methods. In order to expand the range of problems to be solved, the proposed methods use different mathematical apparatus and image processing methods with different performance. Theoretical justification of the proposed methods is presented. The proposed methods will compensate for the influence of the effects under consideration and, as a consequence, improve the quality of operation of industrial image recognition systems. Compensating for the influence of the considered effects using the proposed methods can serve as the basis for expanding the scope of application of image recognition systems.

Keywords: information-measuring system, image pre-processing, low light compensation methods, image recognition and video analytics systems, enterprise industrial automation systems

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interest.

For citation: Abramov D.A., Tokarev V.L. Compensation of Low Illumination and Contour Effect in Pattern Recognition Systems. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2023;19(4):957-963. <https://doi.org/10.25559/SITITO.019.202304.957-963>



Введение

Как показывают исследования¹, рынок распознавания образов является одним из наиболее перспективных сегментов, демонстрируя среднегодовой темп роста около 16%. Согласно прогнозам, его объём может достичь 88,52 млрд долларов, что свидетельствует о перспективности дальнейшего развития систем распознавания образов².

Одной из наиболее важных проблем, возникающих при распознавании образов, является проблема, связанная с недостатком освещённости, и как следствие этого, получение низкого контраста объекта и фона. Это, как правило, ухудшает качество итогового изображения, полученного системой предобработки видео-, или фотопоследовательности, и существенно снижает наиболее важные параметры работы системы в целом: уменьшают вероятность распознавания и повышают вероятность ложной тревоги [1-3].

Целью исследования является снижение влияния недостаточной освещённости сцены и эффекта контуража на работу систем распознавания образов для повышения вероятности распознавания цели и снижения вероятности ложных срабатываний.

Основная часть

В промышленных системах, рассматриваемую проблему наиболее часто решают следующими методами:

- 1) повышением освещённости сцены и подсветки рабочей зоны, применением антибликовых фильтров;
- 2) специальным подбором камер, матрицы которых обладают высокой разрешающей способностью;
- 3) использованием встроенной системы предобработки изображений, позволяющих частично компенсировать встречную засветку и в относительно широких пределах изменять параметры программных фильтров в зависимости от освещённости рабочей зоны.

Первый из этих методов заключается в необходимости обеспечения освещённости сцены не менее 3500 люкс, что является рекомендуемым значением для построения промышленных систем видеонаблюдения³ [4]. Кроме того, за счёт установки одного или нескольких источников света⁴ [5, 6], способных обеспечить требуемую неравномерность освещения на границах, или в непосредственной близости от контролируемой зоны.

Некоторые разновидности этого метода включают

корректировку физических параметров контролируемой зоны, способствующих увеличению контраста между объектом и фоном (с помощью, например, окраски контролируемой зоны в цвет, на фоне которого контрастность распознаваемых объектов может быть повышена).

Недостатками метода являются:

- 1) сложность реализации, особенно в условиях наличия сцены значительного размера, так как в случае наличия сцены большого размера необходимо выполнить как подбор источников света, удовлетворяющих требованиям, так и обеспечить постоянство освещения в переходных зонах между различными источниками света, т.е. реализовать так называемое бесшовное освещение;
- 2) сложность реализации в условиях наличия технологических ограничений, например, физическое отсутствие конвейерных лент требуемых цветов, крайне высокая стоимость их производства, или просто невозможность их использования ввиду специфики выпускаемой продукции, так как конвейерные ленты иных цветов кроме используемых могут оставлять следы на продукции, что может быть признаком брака;
- 3) сравнительно высокая стоимость реализации и необходимость технического обслуживания сцены, заключающиеся в необходимости выполнения работ по обслуживанию источников света, а также поддержанию состояния (например, периодическая подкраска или уборка сцены, с целью удаления лишних объектов, препятствующих обеспечению контраста).

Другой метод, основанный на использовании антибликовых фильтров, заключается в применении специальных плёночных антибликовых фильтров⁵ [7]. Применение таких фильтров позволяет существенно повысить качество и контраст изображения, однако в некоторых случаях могут привести к размытию границ объекта, что может стать источником помех при распознавании относительно мелких деталей в условиях недостаточной освещённости. Это не позволяет использовать данный метод в качестве самостоятельного и функционально законченного решения, однако делает возможным его применение в составе системы комплексной предобработки изображения, используемой для работы системы видеоналики [8, 9].

Методы, использующие встроенную предобработку камер, позволяют частично компенсировать эффект встречной засветки, за счёт применения системы, получившей название Auto Iris, которая позволяет менять параметры затенения изображения и фокусного расстояния объектива в зависимости от уровня освещённости сцены⁶.

¹ Image Recognition Market (2024-2030) [Электронный ресурс] // Grand View Research, 2023. URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/image-recognition-market> (дата обращения: 12.09.2023).

² Global AI Image Recognition Market [Электронный ресурс] // Maximize Market Research, 2023. URL: <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-ai-image-recognition-market/78287/> (дата обращения: 12.09.2023).

³ Damjanovski V. CCTV: networking and digital technology. 2nd ed. Amsterdam; Boston: Elsevier/Butterworth Heinemann, 2005. 578 p.

⁴ Особенности выбора камер видеонаблюдения для систем цифровой аналитики [Электронный ресурс] // Амиком. Системы безопасности, 07.02.2019. URL: <https://www.ami-com.ru/articles/aktualnye-standarty-obnaruzheniya-raspoznavaniya-i-identifikatsii-dlya-sistem-videonablyudeniya/> (дата обращения: 12.09.2023).

⁵ CPL-фильтр в видеорегистраторе: для чего он нужен и как его правильно настроить? [Электронный ресурс] // IXBT Live, 21.04.2022. URL: <https://www.ixbt.com/live/car/cpl-filtr-v-videoregistratore-dlya-chego-on-nuzhen-i-kak-ego-pravilno-nastroit.html> (дата обращения: 12.09.2023).

⁶ Auto Iris [Электронный ресурс] // Axis Communications AB, 2023. URL: <https://www.axis.com/en-mu/learning/web-articles/lenses-for-network-video-cameras/auto-iris> (дата обращения: 12.09.2023).



Данная группа методов, как правило, позволяет обеспечить относительно корректную работу системы видеонаблюдения на различных объектах. Их применение даёт возможность реализовать частично адаптивный режим видеонаблюдения и обеспечить приемлемое качество съёмки как в дневное, так и в ночное время при наличии достаточного освещения.

Однако необходимость механической корректировки объектива приводит к относительно небольшой скорости изменения параметров, влияющих на качество изображения, что может привести к значительному падению контраста между объектом и фоном, а также к появлению эффекта, получившего название Rolling Shutter, который иногда приводит к случайному размытию изображения, что особенно проявляется при съёмке быстро движущихся объектов.

Наличие подобных технологических ограничений достаточно часто препятствует использованию данных методов в качестве самостоятельного решения и стимулирует поиск программно реализуемых альтернатив, позволяющих получать изображение требуемого качества.

Распространение получили и программные методы компенсации недостаточной освещённости [10]. Они являются хорошо изученными и зарекомендовали свою эффективность для решения широкого круга задач, но иногда, особенно, при решении задач контроля качества продукции метод организации производственных линий, или задачи фотосъёмки на открытом пространстве в условиях недостаточной освещённости, результаты применения данных методов могут не привести к получению изображений желаемого качества.

Одним из наиболее перспективных направлений получения изображений требуемого качества в системах видеоаналитики и распознавания образов, являются методы, основанные на слиянии изображений [11]. Наиболее общим для данной группы методов является использование сразу нескольких изображений, желательно полученных с помощью различных камер, входящих в состав одной видеосистемы и последующий взаимный анализ полученных изображений с целью повышения качества исходного изображения. Наибольшую известность из них получил метод ExG – ExR [12], основанный на вычислении яркости изображения.

Метод, основанный на применении технологии HDR [13] (съёмка объекта с переменной экспозицией, которая определяется системой управления камеры [14]), получивший в последнее время широкое распространение, иногда приводит к смазыванию изображений [15], например, в момент изменения параметра источника света или резкого движения объекта.

Метод, основанный на съёмке объектов в разное время суток и слиянии полученных изображений, частично позволяет устранить указанный недостаток, но хорошо работает только при наличии больших временных интервалов между снимками, что не всегда является приемлемым.

Предлагаемый подход

Для устранения недостатков рассмотренных методов, предлагается использовать метод, заключающийся в следующем.

1. Последовательной съёмке объекта с частотой, равной частоте работы камеры.
2. Получение не менее трех снимков одного и того же объекта в моменты времени, отличающиеся на частоту равную частоте работы камеры.
3. Последовательное сличение полученных изображений и повышение контраста на основе обработки полученных данных.

В качестве метода обработки полученных данных возможно использование метода, аналогичного построению панорам на основе SHIFT и SURF дескрипторов [16]. Данный метод использует, так называемые «ключевые точки» для сопоставления информации, представленной на различных изображениях. При выполнении определенных преобразований делает возможным достижение инвариантности положения ключевых точек, как относительно изменения масштаба, так и относительно поворота изображения. Предложенный метод позволяет повысить качество изображений и способен вывести показатели работы системы в условиях недостаточной освещённости на уровень 75-80% от максимально возможного, что является относительно приемлемым для решения широкого круга задач.

Однако проведённые экспериментальные исследования данного метода для решения задач потоковой обработки изображений на линиях поточной обработки продукции, показали следующие недостатки:

- 1) относительно невысокая скорость работы в канонической реализации без оптимизации. скорость обработки составляет не более 4-5 кадров в секунду, что является недостаточным для решения некоторых задач;
- 2) наличие погрешностей, связанных с особенностями применяемого математического аппарата.

Эти недостатки не носят принципиального характера и могут быть исправлены увеличением числа кадров, отправленных на обработку, если временные ограничения данного метода не являются препятствием. В противном случае требуется модификация метода.

В качестве модификации может быть использован подход, применяемый для оценки траектории движения объекта [17] по трём кадрам [18-20]. Данный подход заключается в следующем: на каждом кадре последовательности изображений определяются соответствующие области [21] и формируется гипотеза относительно их принадлежности одному и тому же объекту.

В случае, если область [22] присутствует на предыдущем и последующем кадре, то область попадает в итоговое изображение. Иначе производится дополнительный анализ: если дополнительный анализ не привел к результату два и более раз, рассматриваемая область исключается из рассмотрения.



Обсуждение и заключение

Таким образом, предполагается получить итоговое изображение со сниженным уровнем шумов, так как шум изображения носит преимущественно случайный характер.

Предлагаемый метод позволит существенно повысить качество изображений, используемых для систем

распознавания образов и при этом избежать дополнительных расходов. Кроме того, метод позволит получать с помощью камер среднего класса изображения, сопоставимые по уровню шума с изображениями, получаемыми с помощью более дорогих камер. Это может способствовать развитию систем распознавания образов и видеонаблюдения [21], [23-25], даже в условиях санкций.

Список использованных источников

1. A comprehensive literature review of the applications of AI techniques through the lifecycle of industrial equipment / M. Elahi [et al.] // Discover Artificial Intelligence. 2023. Vol. 3. Article number: 43. <https://doi.org/10.1007/s44163-023-00089-x>
2. Li P., Prieto L., Mery D., Flynn P. Face Recognition in Low Quality Images: A Survey // arXiv:1805.11519. 2019. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1805.11519>
3. Kruegle H., Abram F. CCTV Surveillance: Analog and Digital Video Practices and Technology. Second Ed. Elsevier Inc., 2006. 673 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7768-4.X5000-X>
4. State of the Art in Defect Detection Based on Machine Vision / Z. Ren [et al.] // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology. 2022. Vol. 9. P. 661-691. <https://doi.org/10.1007/s40684-021-00343-6>
5. Коданев А. В., Поляков М. В., Сорокина И. К. Расчет параметров камер видеонаблюдения на примере типового объекта // Новые импульсы развития: вопросы научных исследований: Сборник статей VI Международной научно-практической конференции в 2-х частях. Ч. 1. Саратов: НОО «Цифровая наука», 2020. С. 77-80. EDN: TTSLUM
6. Object Detection Under Low-Lighting Conditions Using Deep Learning Architectures: A Comparative Study / A. Sivasubramanian A., In: Chakraborty B., Biswas A., Chakrabarti A. (eds.) Advances in Data Science and Computing Technologies. ADSC 2022. Lecture Notes in Electrical Engineering. Vol. 1056. Singapore: Springer; 2023. p. 269-276. https://doi.org/10.1007/978-981-99-3656-4_27
7. Константинова Ю. А., Губанова Л. А. Многослойные антибликовые покрытия с тонкими металлическими слоями // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16, № 2. С. 375-378. <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2016-16-2-375-378>
8. Shoshin A. V., Shvets E. A. Veiling glare removal: synthetic dataset generation, metrics and neural network architecture // Computer Optics. 2021. Vol. 45, issue 4. P. 615-626. <https://doi.org/10.18287/2412-6179-CO-883>
9. Aliev M. A., Kunina I. A., Kazbekov A. V., Arlazarov V. L. Algorithm for choosing the best frame in a video stream in the task of identity document recognition // Computer Optics. 2021. Vol. 45, issue 1. P. 101-109. <https://doi.org/10.18287/2412-6179-CO-811>
10. Стецюк В. Б. Методы устранения шумов на изображениях // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики. Т. 2. Красноярск: Университет Решетнёва, 2019. С. 176-178. EDN: WZVNBI
11. Saikumar T., Venkatesh S., Uddin Md. A. Comparison Techniques of Image Fusion in Image Segmentation // International Journal of Advances in Computer and Electronics Engineering. 2014. Vol. 3, issue 1. P. 378-381.
12. Мирзаев М. А., Дышеков А. И. Влияние параметров записывающего устройства на работу алгоритма распознавания сахарной свеклы на ранних стадиях роста // XXXII Международная инновационная конференция молодых ученых и студентов по проблемам машиноведения: Сб. трудов конф. М.: ИМАШ РАН, 2021. С. 474-481. EDN: PHVWSK
13. Малюка А. А. Использование HDR-технологии для фотографической фиксации процессуальных действий // Актуальные проблемы российского права. 2011. № 2(19). С. 424-433. EDN: OFATOR
14. Грачева И. А., Копылов А. В. Алгоритм сжатия динамического диапазона HDR на основе фильтрации с сохранением структуры // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2018. № 10. С. 83-93. EDN: YRBHET
15. Коробейников А. Г., Федосовский М. Е., Алексанин С. А. Разработка автоматизированной процедуры для решения задачи восстановления смазанных цифровых изображений // Кибернетика и программирование. 2016. № 1. С. 270-291. <https://doi.org/10.7256/2306-4196.2016.1.17867>
16. Финогеев А. Г., Четвергова М. В. Методика распознавания точечных особенностей на основе случайных деревьев в системах расширенной реальности // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2013. № 2(26). С. 23-33. EDN: RBRJZF
17. Токарев В. Л., Абрамов Д. А. Трекинг в задачах обеспечения безопасности // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. № 9-2. С. 215-223. EDN: RVSUVR



18. Мосева М. С., Харрасов К. Р. О существующих методах удаления зашумлений на изображении // Инженерный вестник Дона. 2023. № 8(104). С. 48-67. EDN: ZZCBZW
19. Токарев В. Л., Абрамов Д. А. Методы выделения нештатных ситуаций в информационно-измерительных системах видеонаблюдения // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2015. № 11-1. С. 258-265. EDN: VLQLTL
20. Абрамов Д. А. Метод автоматического выявления нештатных ситуаций по результатам видеонаблюдений // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ. 2014. № 4(63). С. 118-120. EDN: UMPZOX
21. Архипова Е. А., Поляничко К. С. Тенденции развития видеоаналитики в мире // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 7-2. С. 69-72. <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2019-11420>
22. Абрамов Д. А., Токарев В. Л. Методика автоматического выявления нештатных ситуаций на объектах общественного транспорта // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2022. Т. 18, № 4. С. 878-888. <https://doi.org/10.25559/SITITO.18.202204.878-888>
23. Anstädt T., Keller I., Lutz H. *Intelligente Videoanalyse: Handbuch für die Praxis*. John Wiley & Sons, Inc., 2010. 164 p.
24. Токарев В. Л., Абрамов Д. А. Алгоритмы видеоаналитики для обнаружения и классификации нештатных ситуаций // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2016. № 11-1. С. 72-80. EDN: XDYLKD
25. Токарев В. Л., Абрамов Д. А. Построение системы видеоаналитики // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. № 9-1. С. 270-276. EDN: RVRWST

References

1. Elahi M., Afolaranmi S.O., Martinez Lastra J.L., et al. A comprehensive literature review of the applications of AI techniques through the lifecycle of industrial equipment. *Discover Artificial Intelligence*. 2023;3:43. <https://doi.org/10.1007/s44163-023-00089-x>
2. Li P., Prieto L., Mery D., Flynn P. Face Recognition in Low Quality Images: A Survey. *arXiv:1805.11519*. 2019. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1805.11519>
3. Kruegle H., Abram F. *CCTV Surveillance: Analog and Digital Video Practices and Technology*. Second Ed. Elsevier Inc.; 2006. 673 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7768-4.X5000-X>
4. Ren Z., Fang F., Yan N., et al. State of the Art in Defect Detection Based on Machine Vision. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*. 2022;9:661-691. <https://doi.org/10.1007/s40684-021-00343-6>
5. Kodanov A.V., Polyakov M.V., Sorokina I.K. Calculation of video surveillance camera parameters on the example of a typical object. In: *Proceedings of the 2020 Conference on New impulses of development: questions of scientific research. Part 1*. Saratov: Digital science Publ.; 2020. p. 77-80. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: TTSLUM
6. Sivasubramanian A., Prakash J.A., Kumar K.S.D., Prashanth V.R., Sowmya V., Variyar V.V.S. Object Detection Under Low-Lighting Conditions Using Deep Learning Architectures: A Comparative Study. In: Chakraborty B., Biswas A., Chakrabarti A. (eds.) *Advances in Data Science and Computing Technologies. ADSC 2022. Lecture Notes in Electrical Engineering*. Vol. 1056. Singapore: Springer; 2023. p. 269-276. https://doi.org/10.1007/978-981-99-3656-4_27
7. Konstantinova Yu.A., Gubanova L.A. Antireflection multilayer coatings with thin metal layers. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*. 2016;16(2):375-378. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2016-16-2-375-378>
8. Shoshin A.V., Shvets E.A. Veiling glare removal: synthetic dataset generation, metrics and neural network architecture. *Computer Optics*. 2021;45(4):615-626. <https://doi.org/10.18287/2412-6179-CO-883>
9. Aliev M.A., Kunina I.A., Kazbekov A.V., Arlazarov V.L. Algorithm for choosing the best frame in a video stream in the task of identity document recognition. *Computer Optics*. 2021;45(1):101-109. <https://doi.org/10.18287/2412-6179-CO-811>
10. Stetsyuk V.B. Methods for eliminating noise in images. In: *International Conference on Current problems of aviation and astronautics*. Vol. 2. Krasnoyarsk: Reshetnev University Publ.; 2019. p. 176-178. (In Russ., abstract in Eng.)
11. Saikumar T., Venkatesh S., Uddin Md.A. Comparison Techniques of Image Fusion in Image Segmentation. *International Journal of Advances in Computer and Electronics Engineering*. 2014;3(1):378-381.
12. Mirzaev M.A., Dyshekov A.I. Effect of recording device parameters on the operation of the sugar beet recognition algorithm in the early stages of growth. In: *International Conference of Young Scientists and Students "Topical Problems of Mechanical Engineering" (TOPME-2024)*. M.: IMASH RAS; 2021. p. 474-481. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: PHVWSK
13. Malyuka A.A. Using HDR-Technology in Criminal Proceedings. *Aktual'nye problemy rossijskogo prava = Actual Problems of Russian Law*. 2011;(2):424-433. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: OFATOR
14. Gracheva I.A., Kopylov A.V. Dynamic range compression algorithm of HDR images on the basis of the structure-preserving filtering. *News of the Tula state university. Technical sciences*. 2018;(10):83-93. (In Russ., abstract in



Eng.) EDN: YRBHET

15. Korobeinikov A.G., Fedosovskii M.E., Aleksanin S.A. Development of an automated procedure for solving the problem of reconstructing blurry digital images. *Cybernetics and programming*. 2016;(1):270-291. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.7256/2306-4196.2016.1.17867>
16. Finogeev A.G., Chetvergova M.V. Algorithm scene recognition for augmented reality systems. *University proceedings. Volga region. Technical sciences*. 2013;(2):23-33. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: RBRJZF
17. Tokarev V.L., Abramov D.A. Tracking in the problems of safety. *News of the Tula state university. Technical sciences*. 2013;(9-2):215-223. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: RVSUVR
18. Moseva M.S., Kharrasov K.R. On existing methods for removing noise from an image. *Engineering Journal of Don*. 2023;(8):48-67. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: ZZCBZW
19. Tokarev V.L., Abramov D.A. Methods of allocation abnormal situations in the information-measuring system surveillance. *News of the Tula state university. Technical sciences*. 2015;(11-1):258-265. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: VLQLTL
20. Abramov D.A. *Metod avtomaticheskogo vyavleniya neshtatnykh situacij po rezul'tatam videonablyudenij* [The method of automatic detection of emergency situations based on the results of video surveillance]. In: Proceedings of the International Conference Mathematical Methods in Technique and Technologies – MMTT-27. 2014;(4):118-120. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: UMPZOX
21. Arkhipova E.A., Polyanichko K.S. Development Tendencies of Videoanalytics in the World. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2019;(7-2):69-72. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2019-11420>
22. Abramov D.A., Tokarev V.L. Methodology for Automatic Detection of Emergency Situations at Public Transport Objects. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2022;18(4):878-888. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.25559/SITITO.18.202204.878-888>
23. Anstädt T., Keller I., Lutz H. *Intelligente Videoanalyse: Handbuch für die Praxis*. John Wiley & Sons, Inc.; 2010. 164 p.
24. Tokarev V.L., Abramov D.A. Algorithms video analytics for detection and classification of emergency situations. *News of the Tula state university. Technical sciences*. 2016;(11-1):72-80. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: XDYLKD
25. Tokarev V.L., Abramov D.A. Creation of System of Video Analytics. *News of the Tula state university. Technical sciences*. 2013;(9-1):270-276. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: RVRWST

Поступила 12.09.2023; одобрена после рецензирования 17.10.2023; принята к публикации 08.12.2023.

Submitted 12.09.2023; approved after reviewing 17.10.2023; accepted for publication 08.12.2023.

Об авторах:

Абрамов Дмитрий Александрович, доцент кафедры информационной безопасности, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (300012, Российская Федерация, Тульская область, г. Тула, пр. Ленина, д. 92), кандидат технических наук, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2813-1179>, sipai-dima@mail.ru

Токарев Вячеслав Леонидович, доцент кафедры информационной безопасности, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (300012, Российская Федерация, Тульская область, г. Тула, пр. Ленина, д. 92), доктор технических наук, профессор, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9827-5250>

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the authors:

Dmitry A. Abramov, Associate Professor of the Chair of Information Security, Tula State University (92 Prospekt Lenina, Tula 300012, Russian Federation), Cand. Sci. (Eng.), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2813-1179>, sipai-dima@mail.ru

Vyacheslav L. Tokarev, Associate Professor of the Chair of Information Security, Tula State University (92 Prospekt Lenina, Tula 300012, Russian Federation), Dr. Sci. (Eng.), Professor, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9827-5250>

All authors have read and approved the final manuscript.