

А. С. Филипченко

ПРИМЕНЕНИЕ НОВОГО МЕТОДА СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

Аннотация. В задачах ряда современных вычислительных центров широкое применение нашли автоматические системы программной роботизации. Используемая российская платформа программной роботизации «RPA Robin» хорошо зарекомендовала себя, в том числе в области задач автоматизации администрирования целого класса информационных систем железнодорожного транспорта. Возникший рост числа информационных систем, управляемых и администрируемых программными роботами, накладывает ограничения на ресурс оперативной памяти терминальных серверов. В данной статье предлагается способ снижения потребления оперативной памяти терминальными серверами программной роботизации в вычислительных центрах путем применения нового специализированного метода сжатия изображений с потерями.

Ключевые слова: избыточность сообщений, обработка изображений, машинное зрение, сжатие данных, программная роботизация, оперативная память.

Для цитирования: Филипченко, А. С. Применение нового метода сжатия изображений в системах машинного зрения / А. С. Филипченко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 2. – С. 43–52. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_2_43.

Введение

В области инноваций цифровой железной дороги выделяют ключевые возможности, к которым в том числе относятся «Большее использование данных» и «Ускоренное исследование, разработки и внедрение новых технологий» [1]. Однако основная проблема в использовании больших данных заключается в сложности их обработки, поскольку они накладывают принципиально иные требования к скорости обработки и объёму запоминающих устройств. В данном исследовании раскроем возможный способ снижения нагрузки на устройства хранения данных путём применения нового метода сжатия изображений в системах машинного зрения.

Повышение показателей эффективности систем технического зрения на транспорте в части экономии ресурсов оперативных запоминающих устройств является важной задачей, решение которой поможет существенно снизить производственные и экономические риски транспортно-логистического бизнеса [2]. В настоящее время большое развитие получили различные робототехнические системы, призванные помогать человеку в различных сферах его деятельности. Однако многие задачи, стоящие перед разрабатываемыми комплексами, остаются нерешёнными или решаются с недостаточной точностью. К таким задачам, требующим повышения точности решения, относится задача слежения за объектами на видеопоследовательности [3].

В данной статье ставится задача исследовать влияние применения нового метода сжатия изображений на снижение потребления оперативной памяти терминальными серверами, использующимися в сфере машинного зрения. Для решения данной задачи потребуется подготовить программную реализацию нового метода сжатия в интегрированной среде разработки «RPA Robin» и провести количественные эксперименты с замерами потребления оперативной памяти без использования данной реализации и с её использованием с целью сравнения.

Для исследования будет взят вполне распространённый в сфере программной роботизации алгоритм взаимодействия с интерфейсом десктопной консоли администрирования информационных систем. Данный алгоритм взаимодействия использует инструменты машинного зрения для управления консолью администрирования путём нажатия на кнопки и ввода текста в соответствующие поля. По умолчанию классический алгоритм такого взаимодействия не содержит механизмов сжатия данных, хотя и работает с большими объёмами компьютерной графики. В связи с этим предполагается, что применение механизмов сжатия позволит снизить нагрузку на оперативное запоминающее устройство вычислительной системы, выполняющей данный алгоритм. В результате необходимо получить коли-

чественную разницу в среднем потреблении ресурса ОЗУ между классической реализацией и реализацией с новым механизмом сжатия изображений, которая должна засвидетельствовать соответствующее улучшение алгоритма.

Основная часть

В процессе разработки программных роботов на платформе «RPA Robin» часто возникает потребность использовать инструменты машинного зрения. Данная потребность чаще всего связана с использованием программных пакетов консолей администрирования для рабочих станций, реализованных в виде десктопных приложений. В случае когда консоль администрирования реализована в виде веб-приложения, машинное зрение не требуется, поскольку к элементам интерфейса веб-приложения можно обращаться через браузер с использованием инструментов «XPath» [4]. Однако если консоль администрирования реализована в виде настольной программы, то без машинного зрения в этом случае уже не обойтись. Очевидно, что в данном случае вычислительная нагрузка и потребление ресурсов возрастают. Поэтому дальнейшее развитие подобных интеллектуальных систем будет обеспечиваться углубленными исследованиями технологий распознавания сигналов, таких как звуковой анализ, машинное зрение и системы самодиагностики [5, 6].

Добиться высокой эффективности обработки и интерпретации сигналов в оптических устройствах возможно при наличии их математических моделей [7]. Возьмём простейшую и наиболее часто встречающуюся задачу машинного зрения в системах программной роботизации. Пусть требуется выполнить нажатие левой кнопкой мыши по кнопке в интерфейсе консоли администрирования. Чтобы выполнить такое нажатие, необходимо по шаблону кнопки на снимке экрана с открытой консолью администрирования получить координаты $(x; y)$ этой кнопки на экране. Таким образом, для программы решения данной задачи машинного зрения входными данными являются снимок экрана с консолью администрирования и шаблон кнопки, а выходными данными – координаты этой кнопки для последующего нажатия на неё. Формализация данной задачи в том числе может быть отнесена к алгоритмам обработки и анализа больших данных [8]. В виде схемы данная задача представлена на рис. 1.

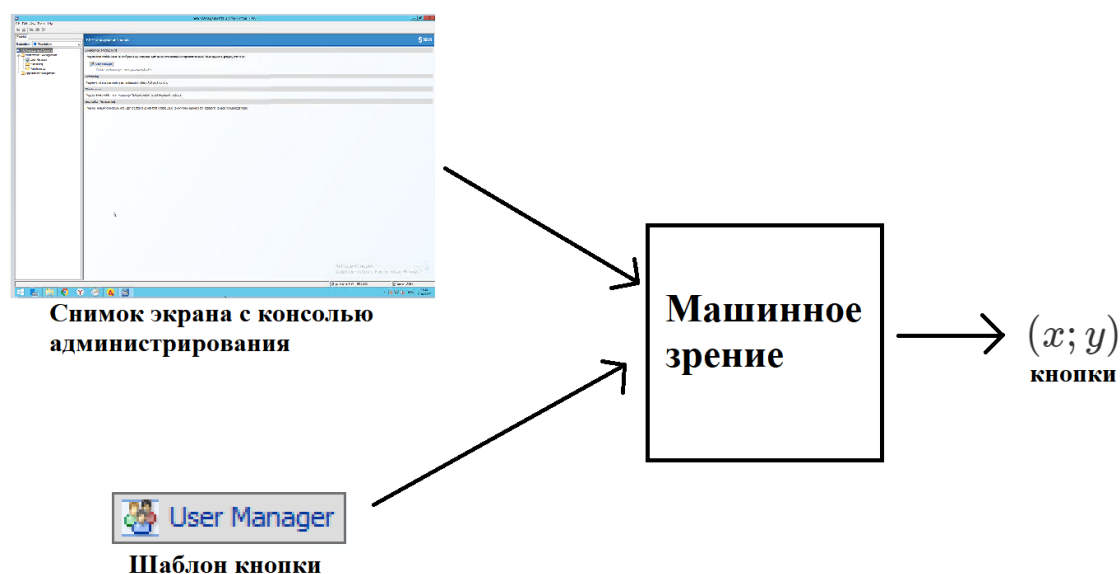


Рис. 1. Исследуемая задача машинного зрения

Подобную постановку задачи машинного зрения вполне можно считать универсальной, поскольку она возникает не только в системах программной роботизации, но и, например, в системах автоведения поездов [9]. В классической реализации описанной задачи машинного зрения обычно используются немодифицированные снимки экрана. Однако подобные изображения обладают изрядной долей избыточности. Наличие избыточности в записи сообщений какого-либо источника информации проявляется в возможности записать эти сообщения в среднем более кратко, используя те же самые знаки, то есть заменяя код на другой с тем же алфавитом [10]. Максимальная доля «лишних» знаков определяется по статистическим свойствам рассматриваемого источника сообщений и также называется его избыточностью. В этом понимании избыточность сообщений R определяется по формуле (1), где m – число букв алфавита, а H – энтропия источника на букву сообщения:

$$R = 1 - \frac{H}{H_{\max}} = 1 - \frac{H}{\log_2 m}. \quad (1)$$

Для экономии оперативной памяти в процессе выполнения функций машинного зрения указанную избыточность имеет смысл отбросить. Но как именно обнаружить эту избыточность в исходных изображениях экрана и шаблона кнопки? Ответ на этот вопрос даёт теория информационной энтропии Шеннона. Энтропия Шеннона численно оценивает среднее количество информации, необходимое для описания символа сигнала и вычисляется по формуле (2), где $H(X)$ – энтропия случайной величины X , которая является источником информации; $p(x_i)$ – вероятность того, что символ x_i из множества возможных символов $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ будет выбран; n – количество возможных символов, которые могут быть получены от источника информации [11]:

$$H(X) = - \sum_{i=1}^n p(x_i) \log_2 p(x_i). \quad (2)$$

Поскольку цифровые технологии – это представление информации в формате нулей и единиц [12], то для минимального описания информации достаточно только двух этих состояний. Этим объясняется основание логарифма равное числу 2 в формулах (1) и (2).

Максимум информационной энтропии на равномерном распределении доказывается, например, методом множителей Лагранжа [13, 14]. При делении изображений на компоненты по частоте, низкочастотный компонент изображения представляет нормальное распределение, а высокочастотные – равномерное. Следовательно, для задачи машинного зрения избыточным является низкочастотный компонент изображения, и его допустимо отбросить, тем самым добившись сжатия исходных и обрабатываемых роботом данных. При этом скорость и точность определения координат объектов не изменяется, поскольку для систем машинного зрения высокочастотные компоненты изображений являются достаточно информативными.

В данном исследовании в качестве платформы программной роботизации используется программный пакет «RPA Robin» версии 1.3.8. Функции сжатия изображений и определения координат реализованы на языке программирования «C#». В качестве алгоритма сжатия взято вейвлет-преобразование «Коэна – Добеши – Фово», которое уже хорошо зарекомендовало себя в подобных задачах, в том числе в условиях применения параллельных вычислений [15]. Для реализации свёртки сигнала использовано авторское программное обеспечение, прошедшее регистрацию в Роспатенте [16].

Для работы с изображениями использована библиотека «System.Drawing.Bitmap». Для замеров потребления ОЗУ применялась библиотека «System.Diagnostics.Process». При решении задачи машинного зрения использовалась библиотека «Emgu CV», являющаяся кросс-платформенным «.Net» дополнением для библиотеки «OpenCV».

Прямая реализация дискретного вейвлет-преобразования «Коэна – Добеши – Фово» – «CDF 9/7» – оперирует двумя фильтрами [17]:

- фильтром низких частот $L = (l_1, l_2, \dots, l_9)$;
- фильтром высоких частот $H = (h_1, h_2, \dots, h_7)$.

Формула (3) отражает процесс преобразования входных сигналов $X[n] = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ в два компонента [18]: низкочастотный компонент $X^{[L]}[n]$ и высокочастотный компонент $X^{[H]}[n]$ –

$$X^{[L]}[n] = \sum_{i=1}^9 X[n-i+1]l_i, X^{[H]}[n] = \sum_{i=1}^7 X[n-i+1]h_i. \quad (3)$$

Алгоритм сжатия изображений вейвлет-преобразованием «CDF 9/7» можно представить в виде блок-схемы на рис. 2. Данный алгоритм хорошо распараллеливается, особенно при использовании числа параллельных потоков кратных 8. Стоит отметить, что интегрированная среда разработки «RPA Robin» также имеет встроенные инструменты распараллеливания вычислительного процесса, которые хорошо зарекомендовали себя на практике [19, 20]. Иерархическая структура, основанная, например, на применении параллельных вычислений, может быть полезна для сокращения аппаратных затрат и упрощения доказательства безопасности по сравнению с реализацией всех функций в одном процессоре [21].

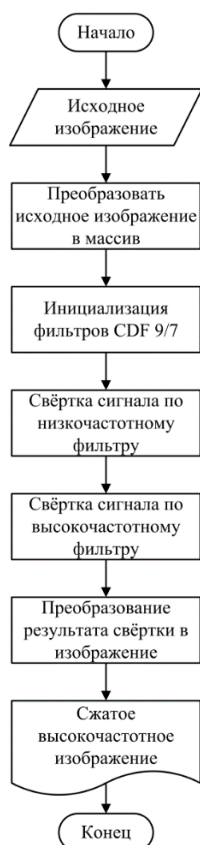
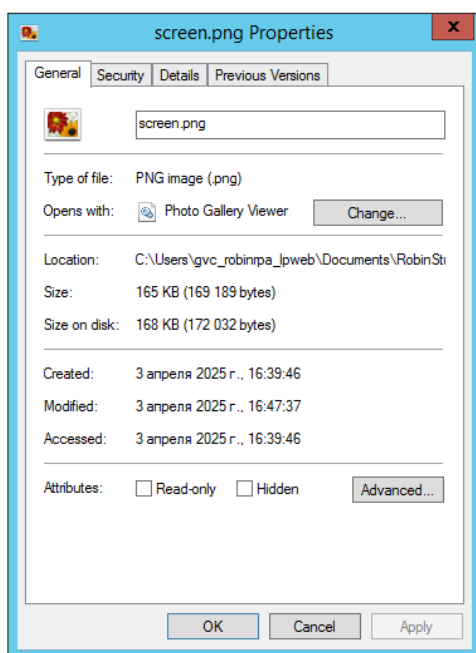
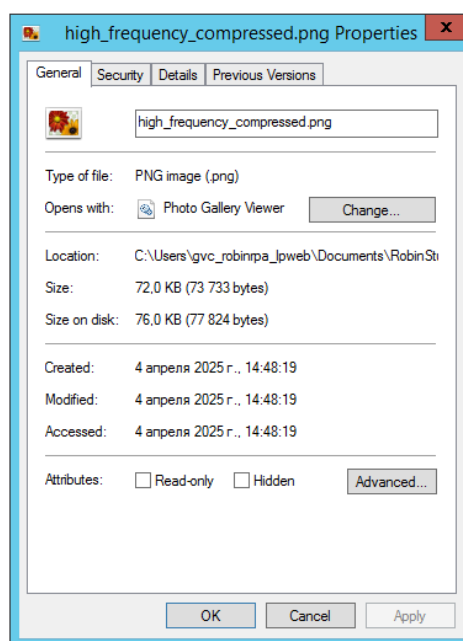


Рис. 2. Блок-схема алгоритма сжатия на основе «CDF 9/7» в данной постановке задачи

В рамках проведённого исследования данным алгоритмом был сжат снимок экрана с открытой консолью администрирования «SAS Management Console». Результаты сжатия снимка экрана приведены на рис. 3. Видно, что исходное изображение было сжато более чем в два раза. Так, если судить по абстрактному размеру, то изображение сжалось на 56,42 %, а если судить по конкретному размеру на диске, то на 54,76 %.



a



б

Рис. 3. Размеры изображения со снимком экрана:

a – до сжатия; *б* – после сжатия

Для определения координат объектов машинным зрением необходимо загрузить в проект робота библиотеки «Emgu.CV.UI.dll» и «Emgu.CV.World.dll». В операционной системе Microsoft Windows NT данные библиотеки обычно располагаются в каталоге «C:\Program Files (x86)\ROBIN Platform». Блок-схема данного алгоритма представлена на рис. 4. Цикл организован чисто в исследовательских целях. Для получения координат объекта достаточно одной итерации, но необходимость понимания поведения алгоритма на обработке однородных потоков данных требует многократного повторения эксперимента. В нашем случае мы организуем цикл на 100 последовательных итераций распознавания. Алгоритм распознавания универсальный: мы можем распознавать как исходные, так и высокочастотные изображения, просто изменив путь к файлам в коде. Данное обстоятельство позволяет нам достоверно сравнить реализации с исходными и сжатыми изображениями.



Рис. 4. Блок-схема алгоритма технического зрения для множества испытаний

Для сравнения реализаций воспользуемся встроенными в «C#» инструментами мониторинга потребления ОЗУ процессом. Блок-схема алгоритма мониторинга представлена на рис. 5.

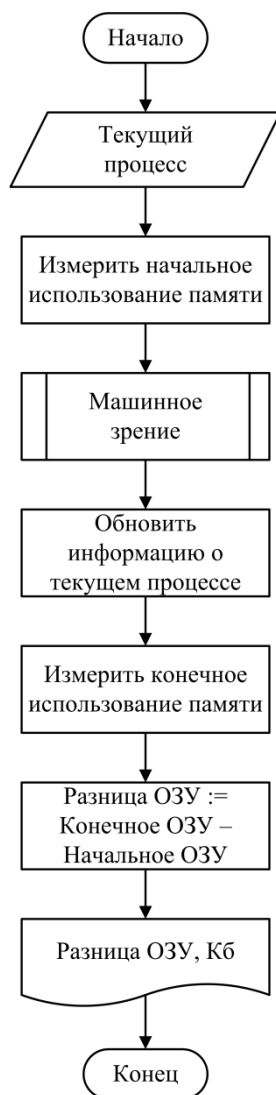


Рис. 5. Блок-схема алгоритма мониторинга потребления оперативной памяти

Для каждой реализации по 100 итераций выполнено пять замеров. В таблице представлены полученные результаты замеров. В последней строке таблицы отдельно указаны посчитанные средние арифметические значения.

**Сравнение потребления оперативной памяти функциями машинного зрения
в различных реализациях**

Обработка исходных изображений	Обработка сжатых изображений
14828 Кб	14308 Кб
14636 Кб	13776 Кб
15148 Кб	14464 Кб
15316 Кб	13112 Кб
15368 Кб	14384 Кб
Средние значения:	
15059,2 Кб	14008,8 Кб

Таким образом, обработка исходных изображений потребовала в среднем 15059,2 Кб оперативной памяти, а обработка сжатых изображений – 14008,8 Кб. В итоге потребление оперативной памяти в данных реализациях можно представить гистограммой на рис. 6.

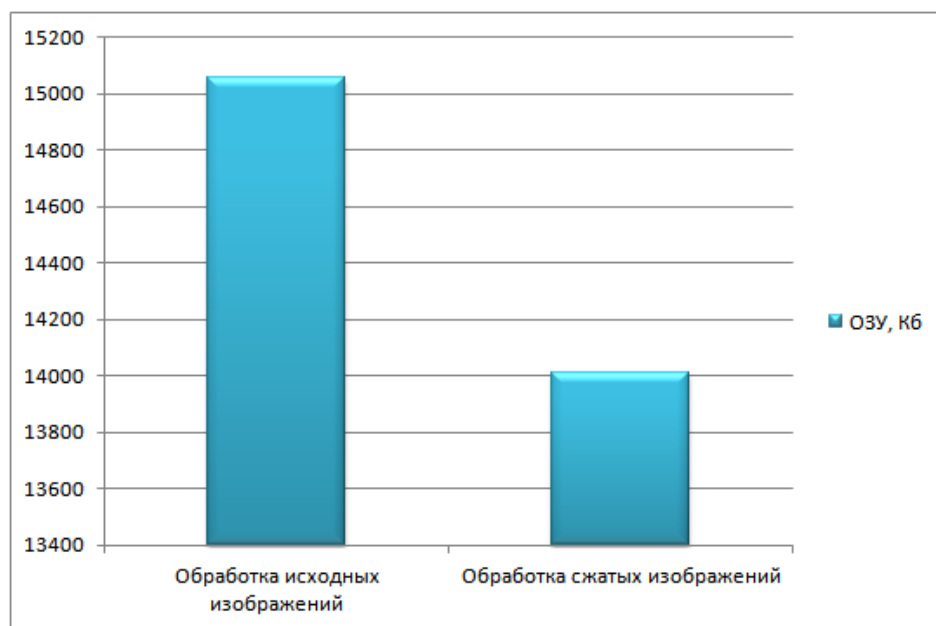


Рис. 6. Сравнение средних значений потребления ОЗУ по реализациям

Заключение

В статье выполнена постановка задачи, требующая применения нового метода сжатия изображений в системах машинного зрения в системах программной роботизации. Описана исследуемая задача машинного зрения, заключающаяся в получении координат (x; y) кнопки пользовательского интерфейса для последующего наведения и взаимодействия с ней указателем мыши. Данная задача машинного зрения является универсальной и довольно часто повторяющейся при использовании программной роботизации.

Описана теория, лежащая в основе механизмов сжатия данных. Теория адаптирована к задаче сжатия изображений путем фильтрации компонентов изображений дискретным вейвлет-преобразованием. В виде блок-схемы формализован алгоритм сжатия на основе «CDF 9/7» в данной постановке задачи. Алгоритм апробирован на снимке экрана с пользовательским интерфейсом. Проанализированы результаты сжатия путем измерения объемов изображения в байтах до и после сжатия.

Детализирована программная реализация и блок-схема алгоритма технического зрения для данной задачи. Описан механизм и блок-схема алгоритма мониторинга потребления оперативной памяти. Проведены испытания классической реализации машинного зрения, обрабатывающей исходные изображения, и улучшенной реализации, выполняющей обработку сжатых изображений. В испытаниях проведены замеры потребления ресурса оперативной памяти процессом. Для каждой реализации выполнено пять испытаний, посчитаны средние арифметические значения.

Результаты испытаний показали выигрыш в экономии ОЗУ в 7 % в улучшенной реализации машинного зрения, использующей сжатые изображения. Применение механизмов сжатия изображений позволило снизить нагрузку на оперативное запоминающее устройство вычислительной системы, выполняющей исследуемый алгоритм машинного зрения. Для многократно повторяющихся задач и однородных потоков данных эффект от экономии ресурсов будет накапливаться в том числе при масштабировании вычислений.

Список литературы

- 1 Экономика инноваций цифровой железной дороги. Опыт Великобритании / В. П. Куприяновский, П. В. Куренков, Г. В. Бубнова [и др.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5, № 3. – С. 79–99. – ISSN 2307-8162.
- 2 Информационные технологии управления рисками транспортно-логистического бизнес-блока холдинга «РЖД» / Д. Г. Кахриманова,

References

- 1 Economics of innovations for digital railways. Experience in the UK / V. P. Kupriyanovsky, P. V. Kurenkov, G. V. Bubnova [et al.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Vol. 5, No. 3. – P. 79–99. – ISSN 2307-8162.
- 2 Information technologies of risk management of the transport and logistic business block of the holding “RZD” / D. G. Kakhrimanova,

Г. В. Бубнова, О. В. Ефимова [и др.] // Информационные технологии и инновации на транспорте : материалы 4-й Международной научно-практической конференции, Орел, 15–16 мая 2018 года / Под редакцией А. Н. Новикова. – Орел : Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, 2019. – С. 38–43.

3 **Bozhenyuk, A.** Image Stabilization by Orientation of the Unmanned Aerial Vehicle / A. Bozhenyuk, K. Morev, I. Dolgiy // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 330 LNNS. – P. 647–653. – DOI 10.1007/978-3-030-87178-9_64.

4 **Ларина, Т. Б.** Проектирование программных роботов в среде RPA Robin / Т. Б. Ларина, А. С. Филиппченко // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии : сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции, Сочи, 01–10 октября 2022 года / Под редакцией С. У. Увайсова. – Москва : Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА имени профессора Н. Е. Жуковского содействия сохранению исторического и научного наследия ВВИА имени профессора Н. Е. Жуковского, 2022. – С. 15–20.

5 **Rozenberg, E. N.** Big Data-Based Methods for Functional Safety Case Preparation / E. N. Rozenberg, A. M. Olshansky, A. V. Ozerov // Journal of Information Technology and Applications. – 2023. – Vol. 13, No. 2. – P. 91–98. – DOI 10.7251/JIT2302091R.

6 Об использовании методов Big Data в области обеспечения функциональной безопасности / Е. Н. Розенберг, А. М. Ольшанский, А. В. Озеров, Р. А. Сафронов // Надежность. – 2022. – Т. 22, № 2. – С. 38–46. – DOI 10.21683/1729-2646-2022-22-2-38-46.

7 **Долгий, И. Д.** Волноводно-оптические технологии сбора информации и математические модели ее представления в интегрированных системах диспетчерского управления и централизации / И. Д. Долгий // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2011. – № 2 (42). – С. 58–64. – ISSN 0201-727X.

8 **Желенков, Б. В.** Типология алгоритмов обработки и анализа больших данных / Б. В. Желенков, А. С. Филиппченко // Цифровые технологии и решения в сфере транспорта и образования: материалы II Национальной научно-практической конференции. – Москва : Российский университет транспорта, Белый ветер, 2023. – С. 43–49.

G. V. Bubnova, O. V. Efimova [et al.] // Information Technologies and Innovations in Transport : Proceedings of the 4th International scientific and practical conference, Orel, 15–16 May 2018 / Edited by A. N. Novikov. – Orel : Orel State University named after I. S. Turgenev, 2019. – P. 38–43.

3 **Bozhenyuk, A.** Image Stabilization by Orientation of the Unmanned Aerial Vehicle / A. Bozhenyuk, K. Morev, I. Dolgiy // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 330 LNNS. – P. 647–653. – DOI 10.1007/978-3-030-87178-9_64.

4 **Larina, T. B.** Designing software robots in the RPA Robin environment / T. B. Larina, A. I. Filipchenko // Innovative, information and communication technologies : collection of works of the XIX International scientific and practical conference, Sochi, October 01–10, 2022 / edited by S. U. Uvaisov. – Moscow : Association of graduates and employees of the VVIA named after professor N. E. Zhukovsky for the promotion of the preservation of the historical and scientific heritage of the VVIA named after professor N. E. Zhukovsky, 2022. – P. 15–20.

5 **Rozenberg, E. N.** Big Data-Based Methods for Functional Safety Case Preparation / E. N. Rozenberg, A. M. Olshansky, A. V. Ozerov // Journal of Information Technology and Applications. – 2023. – Vol. 13, No. 2. – P. 91–98. – DOI 10.7251/JIT2302091R.

6 On the use of Big Data methods in the field of ensuring functional safety / E. N. Rosenberg, A. M. Olshansky, A. V. Ozerov, R. A. Safronov // Reliability. – 2022. – Vol. 22, No. 2. – P. 38–46. – DOI 10.21683/1729-2646-2022-22-2-38-46.

7 **Dolgiy, I. D.** Waveguide-optical technology for data acquisition and mathematical models for its presentation in the integrated systems of dispatcher control and centralization / I. D. Dolgiy // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya. – 2011. – No. 2 (42). – P. 58–64. – ISSN 0201-727X.

8 **Zhelenkov, B. V.** Typology of Big Data processing and analysis algorithms / B. V. Zhelenkov, A. S. Filipchenko // Digital technologies and solutions in the field of transport and education : Materials of the II National scientific and practical conference. – Moscow : Russian University of Transport, Bely Veter, 2023. – P. 43–49.

9 Реализация логистических решений по повышению эффективности железных дорог Российской Федерации / М. А. Дежков, А. А. Никонюк, С. А. Филипченко [и др.] // Логистика. – 2025. – № 1 (218). – С. 10–14. – ISSN 2219-7222.

10 Математический энциклопедический словарь. / Гл. ред. Ю. В. Прохоров ; Ред. кол. : С. И. Адян, Н. С. Бахвалов, В. И. Битюцков, А. П. Ершов, Л. Д. Кудрявцев, А. Л. Онищик, А. П. Юшкевич. – Москва : Советская энциклопедия, 1988. – 847 с.

11 **Shannon, C. E.** A Mathematical Theory of Communication / C. E. Shannon // Bell System Technical Journal. – 1948. – No. 27. – P. 379–423.

12 **Климов, А. А.** К толкованию «цифровых» экономических понятий / А. А. Климов, П. В. Куренков, В. Н. Емец // Экономика железных дорог. – 2018. – № 1. – С. 69–73. – ISSN 1727-6500.

13 **Васильев, А. М.** Введение в статистическую физику: учебное пособие / А. М. Васильев. – Москва : Высш. школа, 1980. – 272 с.

14 **Филипченко, А. С.** Моделирование безотказной работы параллельной специализированной вычислительной системы на транспорте методом неопределённых множителей Лагранжа / А. С. Филипченко // Цифровые технологии и решения в сфере транспорта и образования : материалы III Национальной научно-практической конференции, Москва, 05 декабря 2024 года. – Москва : Российский университет транспорта (МИИТ), 2024. – С. 252–259.

15 **Филипченко, А. С.** Вычисление показателей эффективности оптимизированной реализации параллельного алгоритма CDF 9/7 / А. С. Филипченко // Интеллектуальные транспортные системы : материалы III Международной научно-практической конференции, Москва, 30 мая 2024 года. – Москва : Российский университет транспорта (МИИТ), 2024. – С. 476–482. – DOI 10.30932/9785002446094-2024-476-482.

16 **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024683191 Российская Федерация.** Параллельная аппаратно-эффективная реализация дискретного вейвлет-преобразования CDF 9/7 для обработки изображений / А. С. Филипченко. – № 2024683056 ; заявл. 07.10.2024 ; опублик. 10.10.2024.

17 **Гонсалес, Р.** Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – Издание 3-е, исправленное и дополненное. – Москва : Техносфера, 2012. – 1104 с. – ISBN 978-5-94836-331-8.

18 **Lyakhov, P.** Comparison of Approaches to the

9 Implementation of logistics solutions to improve the efficiency of railways of the Russian Federation / M. A. Dezhkov, A. A. Nikonyuk, S. A. Filipchenko [et al.] // Logistics. – 2025. – No. 1 (218). – P. 10–14. – ISSN 2219-7222.

10 Mathematical Encyclopedic Dictionary. / Ed.-in-chief Yu. V. Prokhorov ; Ed. Team : S. I. Adyan, N. S. Bakhvalov, V. I. Bityutskov, A. P. Ershov, L. D. Kudryavtsev, A. L. Onishchik, A. P. Yushkevich. – Moscow : Sov. Encyclopedia, 1988. – 847 p.

11 **Shannon, C. E.** A Mathematical Theory of Communication / C. E. Shannon // Bell System Technical Journal. – 1948. – No. 27. – P. 379–423.

12 **Klimov, A. A.** On the interpretation of "digital" economic concepts / A. A. Klimov, P. V. Kurenkov, V. N. Yemets // Railroad Economics. – 2018. – No. 1. – P. 69–73. – ISSN 1727-6500.

13 **Vasiliev, A. M.** Introduction to statistical physics : textbook / A. M. Vasiliev. – Moscow : Vysh. shkola, 1980. – 272 p.

14 **Filipchenko, A. S.** Modelling of failure-free operation of a parallel specialized computing system on transport by the method of indefinite Lagrange multipliers / A. S. Filipchenko // Digital technologies and solutions in transport and education : Proceedings of the III National scientific and practical conference, Moscow, December 05, 2024. – Moscow : Russian University of Transport (MIIT), 2024. – P. 252–259.

15 **Filipchenko, A. S.** Calculation of performance indicators of an optimized implementation of parallel CDF 9/7 algorithm / A. S. Filipchenko // Intelligent transport systems : Proceedings of the III International scientific and practical conference, Moscow, May 30, 2024. – Moscow : Russian University of Transport (MIIT), 2024. – P. 476–482. – DOI 10.30932/9785002446094-2024-476-482.

16 **Certificate of state registration of computer program No. 2024683191 Russian Federation.** Parallel hardware-efficient realization of discrete wavelet transform CDF 9/7 for image processing / A. S. Filipchenko. – No. 2024683056 ; applied. 07.10.2024 ; published 10.10.2024.

17 **Gonzalez, R.** Digital Image Processing / R. Gonzalez, R. Woods. – 3rd edition, revised and supplemented – Moscow : Technosphere, 2012. – 1104 p. – ISBN 978-0-13-234563-7.

18 **Lyakhov, P.** Comparison of Approaches to the

Circuits Design for DWT with CDF 9/7 Wavelet / P. Lyakhov, N. Nagornov, M. Bergerman // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 424. – P. 1–9. – DOI 10.1007/978-3-030-97020-8_1.

19 **Larina, T. B.** Experiments with multi-threaded processing in RPA Robin / T. B. Larina, A. S. Filipchenko // Information Innovative Technologies : International Scientific-Practical Conference, Prague, 25–29 April 2022. – Moscow : Association of graduates and employees of AFEA named after prof. Zhukovsky, 2022. – P. 245–252.

20 **Larina, T. B.** Features of operations parallelization in RPA systems / T. B. Larina, A. S. Filipchenko // Information Innovative Technologies : International Scientific-Practical Conference, Prague, 25–29 April 2022. – Moscow : Association of graduates and employees of AFEA named after prof. Zhukovsky, 2022. – P. 239–245.

21 Оценка безопасности и бесперебойности работы системы управления маневровым локомотивом с техническим зрением / И. Б. Шубинский, Е. Н. Розенберг, И. А. Панферов [и др.] // Надежность. – 2023. – Т. 23, № 1. – С. 30–37. – DOI 10.21683/1729-2646-2023-23-1-30-37.

Circuits Design for DWT with CDF 9/7 Wavelet / P. Lyakhov, N. Nagornov, M. Bergerman // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 424. – P. 1–9. – DOI 10.1007/978-3-030-97020-8_1.

19 **Larina, T. B.** Experiments with multi-threaded processing in RPA Robin / T. B. Larina, A. S. Filipchenko // Information Innovative Technologies : International Scientific-Practical Conference, Prague, 25–29 April 2022. – Moscow : Association of graduates and employees of AFEA named after prof. Zhukovsky, 2022. – P. 245–252.

20 **Larina, T. B.** Features of operations parallelization in RPA systems / T. B. Larina, A. S. Filipchenko // Information Innovative Technologies : International Scientific-Practical Conference, Prague, 25–29 April 2022. – Moscow : Association of graduates and employees of AFEA named after prof. Zhukovsky, 2022. – P. 239–245.

21 Assessment of the safety and continuity of operation of the control system of a shunting locomotive with technical vision / I. B. Shubinsky, E. N. Rozenberg, I. A. Panferov [et al.] // Reliability. – 2023. – Vol. 23, No. 1. – P. 30–37. – DOI 10.21683/1729-2646-2023-23-1-30-37.

A. S. Filipchenko

APPLICATION OF A NEW METHOD OF IMAGE COMPRESSION IN THE MACHINE VISION SYSTEMS

Abstract. Robotic process automation systems are widely used in the tasks of a number of modern computing centers. The Russian robotic process automation platform “RPA Robin” has proven itself well, including in the field of automation of administration of a whole class of railway transport information systems. The emerging growth in the number of information systems managed and administered by software robots imposes limitations on the RAM resource of terminal servers. This paper proposes a way to reduce RAM consumption by terminal servers of software robotics in computing centers by applying a new specialized method of lossy image compression.

Keywords: message redundancy, digital image processing, machine vision, data compression, RPA, RAM.

For citation: Filipchenko, A. S. Application of a new method of image compression in the machine vision systems / A. S. Filipchenko // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya. – 2025. – No. 2. – P. 43–52. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_2_43.

Сведения об авторах

Филипченко Александр Сергеевич
Главный вычислительный центр – филиал
ОАО «Российские железные дороги»,
отдел корпоративных систем управления
производством,
технолог I категории,
e-mail: filipchenkoas@gvc.rzd.ru

Information about the authors

Filipchenko Aleksandr Sergeevich
Main Computing Center – branch of JSC “Russian
Railways”, Department of Corporate Production
Management Systems,
Senior Technologist,
e-mail: filipchenkoas@gvc.rzd.ru