

Защита графической информации в системе управления городским движением от неправомерного использования

А.Н. Земцов, Садек Сажжад

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: В работе рассматривается стегоалгоритм с локализацией области встраивания в цветовом пространстве YCbCr для защиты изображений номерной пластины, транспортного средства с разных ракурсов, дорожного события, а также вопросы разработки программной системы, реализующей стегоалгоритм. Защита изображений позволяет эффективно реализовать концепцию многомодального взаимодействия социокиберфизических систем в автомобильной самоорганизующейся сети. Приводятся оценки эффективности разработанного метода.

Ключевые слова: VANET, интеллектуальные транспортные сети, система управления городским движением, стеганография, защита информации, водяной знак.

В последние годы, как следствие интенсивного развития исследований в области самоорганизующихся транспортных сетей, все большее внимание уделяется средствам их защиты [1]. Острота проблемы обеспечения безопасного межсетевого взаимодействия в транспортных сетях связана с интенсивным развитием интеллектуальных методов многомодального взаимодействия социокиберфизических систем [2], в том числе, беспилотных транспортных средств [3], позволяющим, с одной стороны, сделать дорожное движение более эффективным и безопасным [4], а с другой – реализовывать множество атак на взаимодействующие социокиберфизические системы в составе гетерогенных комплексных транспортных сетей [5].

В [6] приводится описание таксономии проблем безопасности самоорганизующихся транспортных сетей VANET с точки зрения взаимодействия социокиберфизических систем. Одной из актуальных проблем безопасности современных автомобильных самоорганизующихся сетей является борьба с несанкционированным доступом к информации, использующейся для проведения административных и уголовных расследований. Для обнаружения атак в настоящее время предпочтительно использовать методы машинного обучения, которые являются

эффективными инструментами при решении задач подобного рода [7, 8]. С другой стороны, в связи с последовательным введением в отношении Российской Федерации санкций западными странами, необходимо уделять особое внимание вопросам, направленным на разработку отечественного программного обеспечения [9], и импортозамещение иностранного ПО с целью снижения зависимости от компонент иностранного происхождения [10].

Идентификатором транспортного средства выступает номерной знак, а также изображения номерной пластины, транспортного средства с разных ракурсов, дорожного события, фрагменты видеопоследовательностей, связанных с дорожным событием, автоматически передаются для хранения в базе данных, для последующего полного установления всех обстоятельств происшествия. Для защиты подобной информации используются различные средства и методы, которые базируются на криптографических и стеганографических алгоритмах, или их комбинации.

Результаты фото- и видеофиксации дорожных ситуаций могут быть отредактированы с неправомерными целями. В системе управления городским движением для обеспечения санкционированного доступа используются средства криптографической и стеганографической защиты. Защита результатов фото- и видеофиксации осуществляется комбинацией российских криптографических стандартов, а также методами стеганографической защиты [11], и скремблирования [12].

Программная система внедрения цифровых водяных знаков в результаты фото- и видеофиксации представляет собой приложение, спроектированное в соответствии с концепцией каркасного подхода к построению информационных систем. В качестве каркаса клиентского приложения реализовано оконное приложение на основе стандартных библиотек операционной системы. В системе реализована обработка файлов

различных графических форматов, что позволило расширить эксплуатационные возможности. Помимо главной функциональной возможности программной системы, заключающейся в встраивании цифровых данных в результаты фото- и видеофиксации с целью их защиты, реализован собственный специфический графический формат для компактного представления сведений о дорожной ситуации. В тестовом режиме реализован модуль, инкапсулирующий методы и данные, связанные с визуализацией результатов работы алгоритмов для расширения функциональных возможностей системы в будущем.

На рисунке 1 показана диаграмма вариантов использования. Актором является пользователь системы – оператор системы управления городским движением. Основные виды деятельности каждого актора представлены соответствующими вариантами использования. Вариант использования описывает взаимодействия различных подсистем для функционирования системы.

Реализованные алгоритмы обработки и защиты графической выделены в отдельные классы, что позволяет осуществлять их использование в других приложениях системы управления городским движением. Обобщенная структурная схема клиентского приложения системы управления городским движением показана на рисунке 2.

Известно, что система зрения человека более чувствительна к яркости предметов, чем к их цвету. В цветовом пространстве RGB изображение представляется с помощью трех основных цветов с одинаковым разрешением.

Для того, что отобразить результат фото- и видеофиксации дорожной ситуации с большей эффективностью, отделим яркость от цветовой составляющей результата фото- и видеофиксации дорожной ситуации и представим ее с большим разрешением. В цветовом пространстве YC_bC_r

представление результата фото- и видеofиксации дорожной ситуации зададим величиной Y являющейся компонентой яркости, а также цветоразностными компонентами C_b и C_r , которые выражают разность между интенсивностью соответствующего цвета и средней яркостью каждого пиксела изображения.

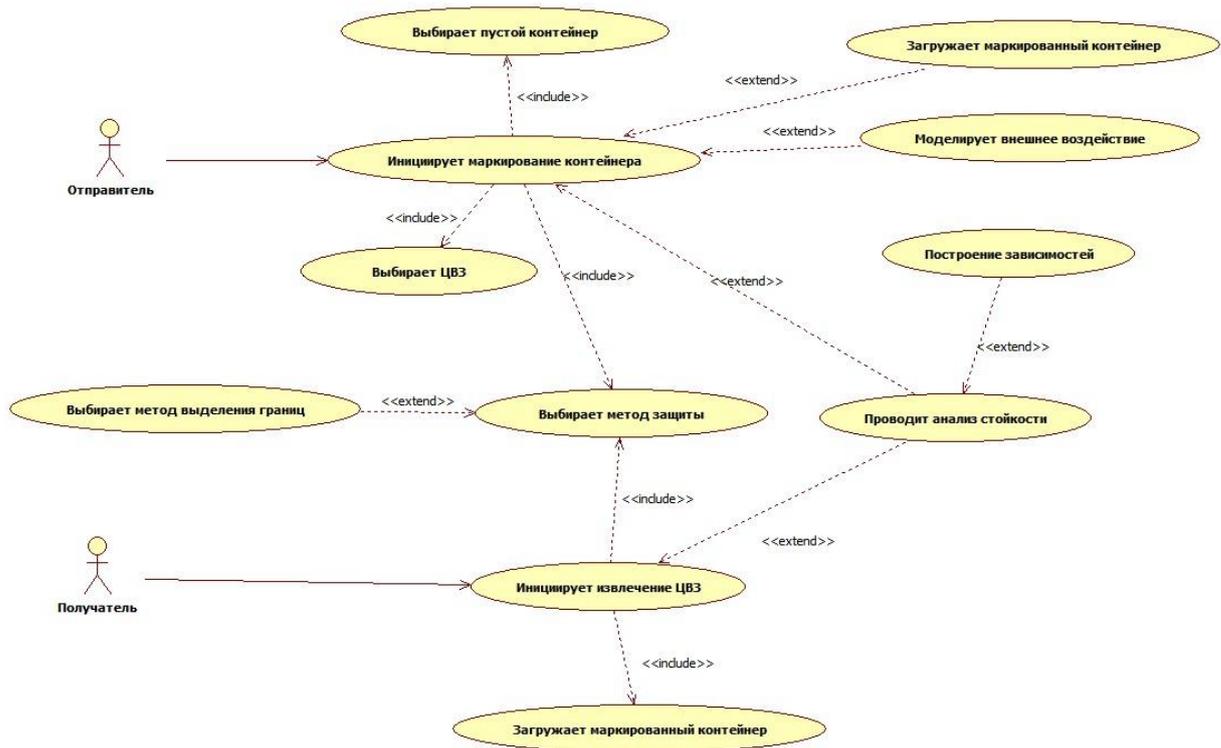


Рис. 1. – Диаграмма вариантов использования.

Отображение захваченного кадра из цветового пространства RGB в цветное пространство YC_bC_r представим в виде матрицы преобразования:

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.5 & -0.4187 & -0.0813 \\ 0.1687 & -0.3313 & 0.5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix}$$

Обратное отображение осуществим умножением вектора YC_bC_r на обратную матрицу преобразования:

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1.402 \\ 1 & -0.34414 & -0.71414 \\ 1 & 1.772 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y \\ C_b - 128 \\ C_r - 128 \end{bmatrix}$$

Для количественной оценки вносимых методом защиты результатов фото- и видеофиксации воспользуемся пиковым отношением уровня сигнала к уровню шума, определяемым как $PSNR = 10 \log_2 \frac{M \cdot 255^2}{\sum_{j=1}^M (F_j - \hat{F}_j)^2}$, где M – число пикселей в изображении, а F, \hat{F} – исходный и обработанный захваченный кадр, соответственно.

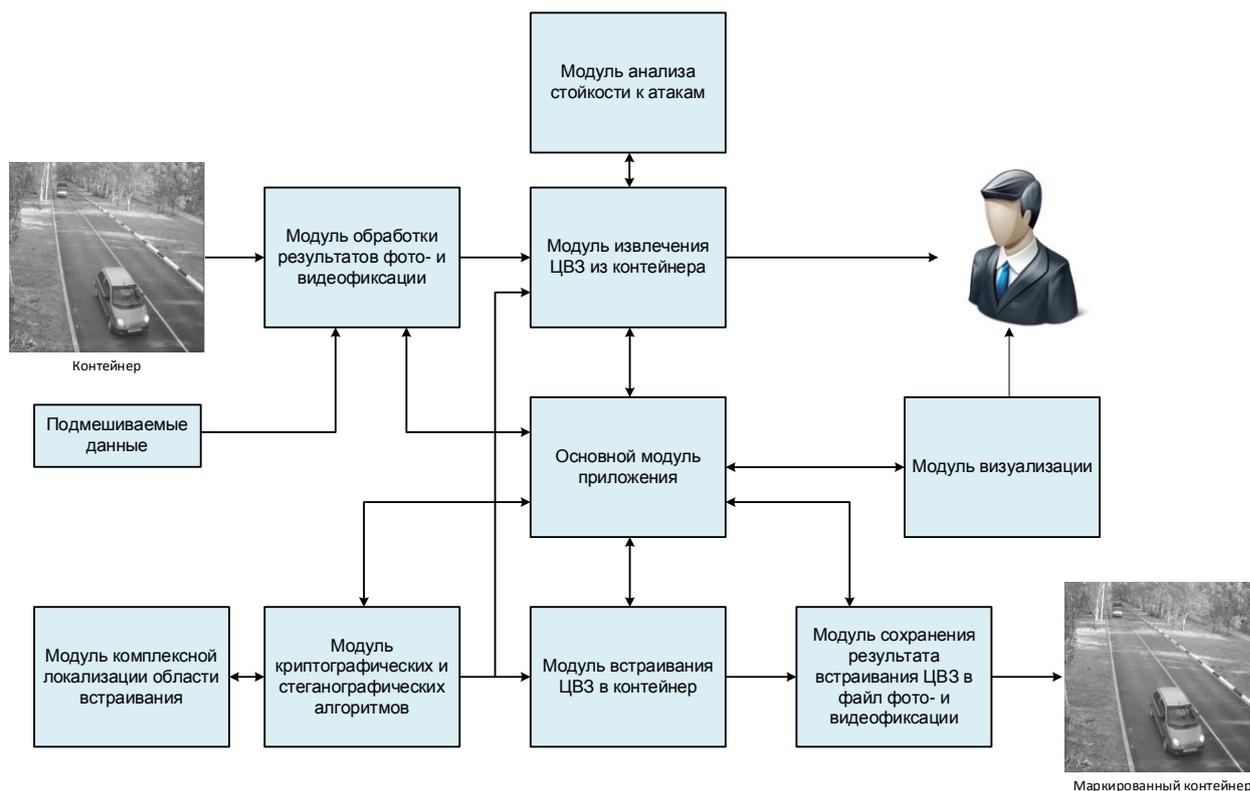


Рис.2. – Обобщенная структура клиентского приложения.

Пример преобразования захваченного кадра и изображения пластины номерного знака в цветовое пространство $YCbCr$ показан на рисунках 3 и 4, соответственно.

Для каждой компоненты изображения пластины номерного знака вычисляется дискретное вейвлет-преобразование, как показано на рисунке 5., и выбираются три коэффициента $C_1(u, v) < C_2(u, v) < C_3(u, v)$ из трех областей средних и высоких частот. Добавление данных осуществляется

методом модуляции индекса квантования, выбор шага квантования реализуется путем вычисления выражения $\frac{C_3(u,v) - C_1(u,v)}{2m-1}$.



Рис. 3. – Пример преобразования захваченного кадра в цветовое пространство YC_bC_r .



Рис. 4. – Пример преобразования изображения пластины номерного знака в цветовое пространство YC_bC_r .



Рис. 5. – Пример вычисления дискретного вейвлет-преобразования для компоненты C_r .

В таблицах 1-3 приведены примеры различных видов воздействий на изображение пластины номерного знака. Из таблиц видно, что изображение пластины номерного знака более чувствительно к воздействиям, чем изображения транспортного средства, дорожного события, т.к. имеет существенно меньший размер, и любые изменения затрагивают здесь более существенную долю изображения.

Таблица №1

Значения метрик для различных уровней сжатия

| | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| Метрики | | | | |
| Размер | 32640 | 16320 | 8128 | 4032 |
| PSNR | 43.437 | 26.437 | 26.167 | 25.136 |

Таблица №2

Значения метрики для различных уровней размытия

| | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| Метрика | | | | |
| PSNR | 28.115 | 26.644 | 24.819 | 23.190 |

Таблица №3

Средние значения метрики для различных видов воздействий

| Вид воздействия | Сжатие | Шум | Медианная фильтрация | Размытие | Поворот |
|-----------------|--------|--------|----------------------|----------|---------|
| PSNR | 30.294 | 26.688 | 29.425 | 25.692 | 41.647 |

Зависимость пикового отношения сигнала к шуму от весового коэффициента значимости встраивания α показана на рисунке 6. Для изображения с подмешенными данными при $\alpha = 0.1$ пиковое отношение сигнала к шуму составило 38.72 дБ, что позволяет сделать вывод о том, что искажения, появившиеся в результате защиты материалов фото- и видеофиксации можно считать вполне приемлемыми.

Предложенный подход с локализацией области встраивания в цветовом пространстве $Y C_b C_r$ для защиты результатов фото- и видеофиксации, изображений номерной пластины, транспортного средства с разных ракурсов, дорожного события представляется эффективным по критерию уровня вносимых искажений в захваченный кадр. Реализация метода позволяет эффективно реализовать концепцию многомодального взаимодействия социкиберфизических систем в автомобильной самоорганизующейся сети.

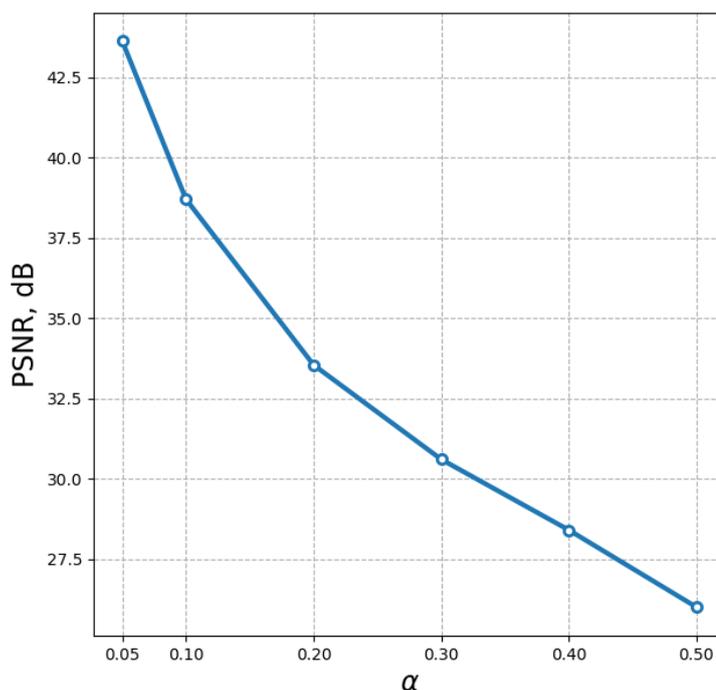


Рис. 6. – Зависимость PSNR от коэффициента значимости α .

Литература

1. Magsi A.H., Yovita L.V., Ghulam A. A Content Poisoning Attack Detection and Prevention System in Vehicular Named Data Networking // Sustainability, 2023. Vol. 15. p. 10931.
2. Шилов Н.Г., Ермолаев В.И. Методологические основы интеллектуальной поддержки социально-ориентированных решений в гибких транспортных системах // Научный вестник НГТУ, 2016. № 3. С. 59-72.
3. Чичерин И.В. Федосенков Б.А., Сыркин И.С. Концепция управления беспилотными транспортными средствами в условиях открытых горных работ // Известия высших учебных заведений. Горный журнал, 2020. № 8. С. 109-120.
4. Shahverdy M. Driver behavior detection and classification using deep convolutional networks // Expert Systems with Applications, 2020. Vol. 149. p. 113240.

5. Upadhyaya A.N. Attacks on VANET // Int. J. of Computer Eng. and Tech., 2018. Vol. 9. pp. 8-19.
6. Verma A., Saha R., Kumar G. The Security Perspectives of Vehicular Networks: A Taxonomical Analysis of Attacks and Solutions // Applied Sciences, 2021. Vol. 11. p. 4682.
7. Babu M.R. A Survey on Attack Detection Methods for IoT using Machine Learning and Deep Learning // The 3rd Int. Conf. on Signal Proc. and Comm., 2021. pp. 625-630.
8. Ftaimi S., Mazri T. A comparative study of Machine learning algorithms for VANET networks // The 3rd Int. Conf. on Networking, Information Systems & Security (NISS2020), 2020. pp. 1-8.
9. Коршунов Е.А. Автоматизация процессов обслуживания энергетического оборудования с помощью специализированных программных решений // Вестник КГЭУ, 2022. Т. 14. № 1(53). С. 65-75.
10. Авдеева И.Л., Ананченкова П.И., Аношина Ю.Ф. Современные управленческие технологии в деятельности бизнес-структур и органов государственной власти. Орел: Среднерусский институт управления, 2022. 360 с.
11. Земцов А.Н., Чан З.Х. Защита графической информации от неправомерного использования маркированием на основе модуляции индекса квантования // Современные наукоемкие технологии, 2023. № 8. С. 20-26.
12. Земцов А.Н., Цыбанов В.Ю. Скремблирование цифровых изображений // Инженерный вестник Дона, 2020. № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2020/6503.



References

1. Magsi A.H., Yovita L.V., Ghulam A. Sustainability, 2023. Vol. 15. p. 10931.
2. Shilov N.G., Ermolaev V.I. Nauchnyj vestnik NGTU, 2016. № 3. С. 59-72.
3. Chicherin I.V. Fedosenkov B.A., Syrkin I.S. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyj zhurnal, 2020. Vol. 8. pp. 109-120.
4. Shahverdy M. Expert Systems with Applications, 2020. Vol. 149. p. 113240.
5. Upadhyaya A.N. Int. J. of Computer Eng. and Tech., 2018. Vol. 9. pp. 8-19.
6. Verma A., Saha R., Kumar G. Applied Sciences, 2021. Vol. 11. p. 4682.
7. Babu M.R. The 3rd Int. Conf. on Signal Proc. and Comm., 2021. pp. 625-630.
8. Ftaimi S., Mazri T. The 3rd Int. Conf. on Networking, Information Systems & Security, 2020. pp. 1-8.
9. Korshunov E.A. Vestnik KGEU, 2022. Vol. 14. № 1(53). pp. 65-75.
10. Avdeeva I.L., Ananchenkova P.I., Anoshina Yu.F. Sovremennye upravlencheskie tekhnologii v deyatel'nosti biznes-struktur i organov gosudarstvennoj vlasti [Modern management technologies in the activities of business structures and public authorities]. Orel: Srednerusskij institut upravleniya, 2022. 360 p.
11. Zemtsov A.N., Tran D.K. Sovremennye naukoemkie tekhnologii, 2023. № 8. pp. 20-26.
12. Zemtsov A.N., Tsybanov V.Yu. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020. № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2020/6503.

Дата поступления: 6.11.2023

Дата публикации: 15.12.2023