

# ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ

## DIGITAL PROCESSING OF SIGNALS AND IMAGES

УДК 004.932.2, 681.516.7.015.2

DOI: 10.17587/it.25.475-481

**Ш. С. Фахми**<sup>1,2</sup>, д-р техн. наук, проф., e-mail: Shakeebf@mail.ru,

**Н. Г. Рыжов**<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц., e-mail: ngryzhov@etu.ru,

**Х. А. Хасан**<sup>1</sup>, аспирант, e-mail: midocom@mail.ru,

**Е. С. Калинина**<sup>3</sup>, канд. техн. наук, доц., e-mail: elenakali21@yandex.ru,

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В. И. Ульянова (Ленина),

<sup>2</sup> Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко Российской академии наук

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы РФ

### Адаптивный алгоритм кодирования и декодирования изображений в транспортных системах наблюдения

*Известно, что стандарты обработки изображений (JPEG) и видео (MPEG), основанные на применении спектрального косинусного преобразования, не удовлетворяют растущим требованиям к качеству передачи видеoinформации, полученной, в частности, из камер наблюдения на транспорте. Причиной этого являются большие объемы визуальных данных и тот факт, что оптимизацию видеокodeка надо делать (как минимум) по трем параметрам: по битовой скорости, по искажению и по вычислительной сложности. Поэтому возникает задача разработки новых алгоритмов сжатия изображений, наилучшим образом согласованных с имеющимися стандартами. Один из алгоритмов совершенствования процесса кодирования и декодирования рассмотрен в настоящей работе. Он отличается от существующих тем, что в нем размеры блоков, подвергающихся косинусному преобразованию, могут быть произвольными и выбираются с учетом специфики транспортных сюжетов.*

**Ключевые слова:** кодирование изображений, косинусное преобразование, адаптивность, транспорт, скорость передачи, сложность

#### Введение

Интеллектуальные транспортные системы и транспортная инфраструктура имеют огромное количество визуальных данных, получаемых от различных камер наблюдений. Поэтому важной задачей является уменьшение объема видеoinформации при передаче ее в реальном времени при сохранении требуемого качества [1, 2].

Проблема обработки видеoinформации на транспорте, которой десятилетиями занимается большое число организаций и специалистов, имеет множество решений в связи с разнообразием критериев, часто не формализованных, качества априорной информации о сигналах (статистики наблюдаемых сюжетов) и имеющихся ограничений [3]. При этом часто остается открытым вопрос об оптимальности того или иного метода сжатия изображений для дальнейшей передачи и восстановления в реальном времени [4, 5]. Известные методы сжатия изображений чаще всего используют

критерии допустимой ошибки восстановления для достижения требуемого сжатия или максимального приближения к энтальпии источника видеoinформации [6, 7].

Видеонаблюдение на транспорте занимает особое место ввиду существования комплекса специфических требований к особенностям эксплуатации, техническим характеристикам устройств кодирования и декодирования. В первую очередь видеoinформация должна быть доставлена в центры управления в реальном времени, т. е. за нужный интервал, необходимый для принятия решения и обеспечения безопасности.

Специфика заключается еще и в том, что изображения, полученные от камер наблюдения, характеризуются четкой выделенной доминантой (объекта наблюдения), обусловленной априорной информацией о постоянном и неизменном фоне. Другими словами, в условиях интенсивного движения значимость обнаружения и слежения за объектом, в данном случае транспортным средством (ТС), становится кри-

тической, в то время как при низкой интенсивности движения ТС практически отсутствуют и, тем самым, энтропия источника информации равна нулю (наблюдается только фон).

## 1. Постановка задачи эффективной передачи изображений

Появление в последнее время технологии "система на кристалле" и современных САПР на базе реконфигурируемых систем, подлежащих репрограммированию, привело к формализованному учету сложности устройств кодирования и декодирования изображений. Формализация, стимулированная созданием и развитием новой элементной базы вычислительной техники в виде сложнофункциональных блоков в составе видеосистем на кристалле [8], и учет сложности на этапе синтеза требуют пересмотра понятия "эффективное" кодирование. В круг величин, связанных с эффективностью кодирования нестационарного источника изображений, входят не только точность восстановления (среднеквадратическое отклонение, СКО) и скорость создания кода (число битов на пиксель), но и вычислительная сложность. Эти три величины взаимосвязаны, и выбор устройств кодирования и декодирования необходимо осуществлять по этим трем показателям качества: точности, скорости и сложности [9].

Оценка взаимосвязи информационных показателей качества систем передачи видеoinформации осуществляется на основе предложенного в работе [10] показателя эффективности  $P$ , включающего взвешенную сумму  $\{P_i\}$  частных информационных показателей качества кодирующих устройств, которые связаны с ошибкой передачи  $\varepsilon$ :

- степени искажения исходной информации  $\Delta I$ ;
- скорости передачи  $R$ ;
- сложности  $W_d$  декодера;
- сложности  $W_k$  кодера.

Вектор весовых коэффициентов  $\{c_i\}$  при этих показателях является "вектором концепции системы" [11]. Задача оптимизации при синтезе видеосистем на кристалле в целом сводится к поиску оптимальных значений информационных показателей качества при заданных соответствующих весовых коэффициентах, обеспечивающих минимум целевой функции [10]:

$$P = c_0 \Delta I(\varepsilon) + c_1 \Delta R(\varepsilon) + c_2 \Delta W_k(\varepsilon) + c_3 \Delta W_d(\varepsilon) \rightarrow \min.$$

Заметим, что определение множества решений с учетом ограничений для данной функции является труднейшим этапом всего процесса оптимизации при проектировании видеосистем.

В данной работе решаются следующие задачи:

- разработка адаптивного дискретного косинусного преобразования (АДКП) изображений;
- определение области решений, приводящих к минимуму эффективного показателя качества ( $P$ );
- сравнение результатов исследований с известными методами кодирования и декодирования изображений для различных классов изображений, полученных в результате наблюдения на транспорте.

Следует отметить, что сжатие изображений заключается в удалении избыточности на изображениях нестационарного источника, и этот процесс называется кодированием источника. Следующим этапом является энтропийное кодирование с последующей передачей по каналу — кодирование канала. Если первый кодер имеет цель — минимизацию скорости передачи, выраженную числом битов на пиксель, то второй кодер должен передать сжатую видеoinформацию с учетом пропускной способности канала связи при максимальном сохранении уже сжатой информации.

В данной статье рассматриваются алгоритмы кодирования нестационарного источника изображений в транспортных видеoinформационных системах наблюдения и контроля. Анализ результатов сжатия и восстановления изображений осуществляется в сравнении с другими методами преобразования, такими как: Карунена—Лоева (ПКЛ) [12], JPEG-DCT-2D (DCT) [13] и дискретное вейвлет-преобразование (ДВП) [14].

## 2. Описание адаптивного метода кодирования

Тенденция в проектировании видеосистем направлена на использование технологии "система на кристалле" [15], где имеются: процессор общего назначения, интегрированный в виде одного чипа с пользовательскими аппаратными ускорителями, и программируемая логика для аппаратной реализации сложных функций.

В настоящее время современные программируемые схемы (ПЛИС) обеспечивают возможность построения новых видеосистем на кристалле, в состав которых входит фотопри-

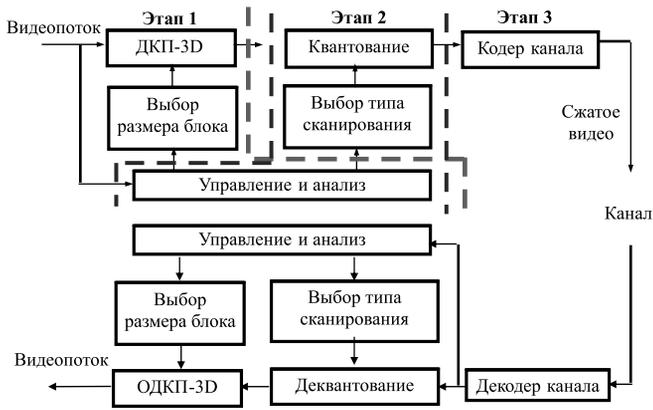


Рис. 1. Структурная схема адаптивного косинусного преобразования

емник. Главные поставщики ПЛИС — это фирмы Intel (в прошлом Altera) и Xilinx, и они сегодня выпускают многопроцессорные реконфигурируемые системы на кристалле, позволяющие реализовать более сложные алгоритмы обработки больших объемов визуальных данных. Наличие в составе системы фотоприемника делает возможным реализацию дополнительных операций на этапе кодирования, в частности, адаптацию и учет статистических характеристик изображений.

Структурная схема кодера на основе АДКП показана на рис. 1. Кодер включает следующие основные блоки: блок управления и анализа статистических характеристик изображений (корреляции, дисперсии ( $D$ ), коэффициента контраста и т. д.); блок АДКП-2D; блок квантования и блок кодера канала для передачи по каналу связи. Декодер содержит те же блоки, только в обратном порядке.

Процесс кодирования изображений включает три основных этапа.

**Этап 1.** Предварительный анализ последовательности кадров. Первое изображение последовательности разбивается на равные не пересекающиеся полигоны в зависимости от заданного порога яркости для определения степени контраста. Затем процедура разбиения рекурсивно повторяется для каждого полигона до тех пор, пока его размер не станет равным четырем элементам исходного изображения [15]. В результате такого разбиения получим неравномерную рекурсивную полигональную сетку (рис. 2, см. вторую сторону обложки). Далее каждый полигон данной сетки подвергается дискретному косинусному преобразованию (ДКП).

Важно отметить, что при высоких значениях коэффициента корреляции в пределах по-

лигона (0,7...1) полигон не подвергается ДКП, и всем пикселям на этапе восстановления изображения присваивается среднее значение яркости по полигону (полигон далее по тексту будем называть блоком в соответствии с общепринятой терминологией).

Таким образом, в результате предварительного анализа формируется неравномерная полигональная сетка блоков ДКП. Далее каждую ячейку этой сетки будем называть блоком ДКП (рис. 2, см. вторую сторону обложки):

- блоки  $4 \times 4$  — области изображения с высоким контрастом (границы объектов), определяются максимальным значением порога по яркости  $\rho_{max}$ ;
  - блоки  $8 \times 8$  и  $16 \times 16$  — области средней степени контраста изображений, определяются порогами  $\rho_{ave}$ ;
  - блоки  $32 \times 32$  и выше — с наибольшей степенью корреляции значений яркостей и минимумом контраста, определяются порогами  $\rho_{min}$ .
- Легко заметить следующие особенности изображений в процессе наблюдения:
- отсутствие транспортных средств;
  - малая интенсивность движения (на кадре только одна машина);
  - высокая интенсивность и наличие потока движения машин (рис. 2, см. вторую сторону обложки).

Использование этих особенностей транспортных изображений в процессе наблюдения за дорогами позволяет обоснованно избегать ненужных вычислений и тем самым существенно сократить вычислительную сложность процесса обработки изображений.

Каждый блок исходного изображения, представляющего собой двумерную матрицу размером  $N \times N$ , подвергается ДКП по следующей формуле:

$$S(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2N}} \alpha(i) \alpha(j) \times \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} M(x, y) \cos\left(\frac{(2x+1)i\pi}{2N}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{2N}\right),$$

где  $M(x, y)$  — входная матрица блока ДКП размером  $N \times N$ ;  $(x, y)$  — координаты пикселей матрицы и  $(i, j)$  — координаты коэффициентов ДКП (т. е.  $i$  — номер строки,  $j$  — номер столбца), а  $\alpha$  вычисляется по следующей формуле:

$$\alpha(u) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{при } u = 0, \\ 1 & \text{при } u > 0. \end{cases}$$

Обратное косинусное преобразование выполняется по следующей формуле:

$$M(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2N}} \times \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \alpha(i)\alpha(j) \cos\left(\frac{(2x+1)i\pi}{2N}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{2N}\right).$$

Предложенное АДКП представляет собой ортогональное преобразование яркостей пикселей в целях декорреляции и перевода сигнала изображений из пространственного представления в спектрально-частотное представление. Отличие предложенного алгоритма от известных [16–18] заключается в возможности выбора любого размера блоков ДКП вплоть до размера кадра в зависимости от значений контраста и степени корреляции яркости соседних пикселей.

Другими словами, при разработке кодера на основе предложенного алгоритма АДКП были учтены следующие основные идеи, позволяющие отличить его от всех известных:

- учет специфики изображений транспортной видеосистемы наблюдения;
- применение любого размера блоков для ДКП по заданным порогам корреляции и контраста;
- автоматическое переключение режимов кодера в зависимости от текущего транспортного сюжета.

### 3. Специфика транспортных сюжетов

Исследование огромного числа изображений (более 200 кадров) транспортной специфики с предложенной в работе [19] мерой неопределенности ( $Un$ ) и мерой широкомасштабности ( $Bw$ ) позволяло разделить их на 9 классов (рис. 3, см. вторую сторону обложки).

Легко заметить, что классы: 1) ( $Bw_{II}-Un_3$ ) — изображения с малой широкополосностью и большой неопределенностью, 2) ( $Bw_{II}-Un_2$ ) — изображения со средней широкополосностью и средней неопределенностью и 3) ( $Bw_{II}-Un_1$ ) — изображения со средней широкополосностью и малой неопределенностью имеют относительно большой размер площади фона (небо, дорога, лес), которые являются однородными областями, и они формируются блоками большего размера, следовательно, не подвергаются ДКП (рис. 2, см. вторую сторону обложки), а при восстановлении пикселям данных областей присваивают среднее значение яркости. Это обстоятельство приводит к увеличению

коэффициента сжатия в 2...3 раза по сравнению с другими методами.

**Размеры блока ДКП.** Для определения степени корреляции областей изображений были использованы формулы на основе метода наименьших квадратов (МНК). Если представить яркости пикселей в виде высот по координате  $z$  в пространстве (рис. 4), то задача определения степени корреляции сводится к следующей: найти плоскость, проходящую через множество точек в пространстве при условии, что сумма квадратов отклонений эмпирических значений яркостей пикселей от нее должна быть минимальной.

Таким образом, для нахождения уравнения плоскости ( $z$ ) тренда, т. е. тенденции изменения значений яркостей пикселей, имеем (рис. 4):

$$F = \sum_{k=1}^{N \times N} \varepsilon_k \rightarrow \min,$$

где  $\varepsilon$  — отклонение по яркости пикселей в пределах блока от плоскости тренда ( $z$ ). Для заданных значений  $x_i$ ,  $y_i$  и  $z_i$  блока размером  $n \times n$  плоскость тренда находится по следующим формулам:

$$\begin{aligned} a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n y_i + nc &= \sum_{i=1}^n z_i; \\ a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i y_i + c \sum_{i=1}^n x_i &= \sum_{i=1}^n x_i z_i; \\ a \sum_{i=1}^n x_i y_i + b \sum_{i=1}^n y_i^2 + c \sum_{i=1}^n y_i &= \sum_{i=1}^n y_i z_i; \\ D &= \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (v_{original\ image} - v_z)^2}{NM}, \end{aligned}$$

где  $v_{original\ image}$  — исходная яркость пикселя,  $v_z$  — значение яркости на плоскости ( $z$ ).

**Эман 2.** Адаптивное квантование и сканирование. Для адаптивного квантования полученных матриц коэффициентов ДКП используются

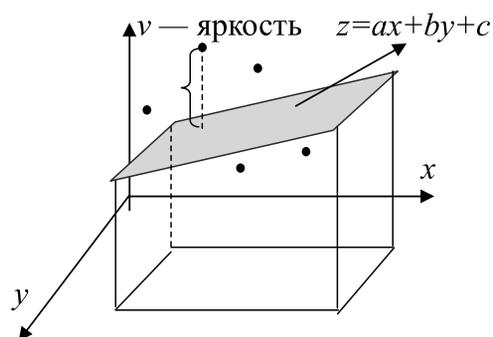


Рис. 4. Оценка степени корреляции области МНК

различные способы сканирования в зависимости от расположения ненулевых коэффициентов. Процесс квантования осуществляется делением на заданный коэффициент квантования  $QC_{ij} = 1 + (1 + i + j)R$ , где  $i$  и  $j$  — координаты отсчета внутри матрицы;  $R$  — параметр квантования, задаваемый пользователем [9].

**Этап 3.** Кодирование канала. Квантованные коэффициенты с применением двумерного ДКП (2D-ДКП) считаются и кодируются методом Хаффмана с последующей передачей по каналу [20].

**Работа декодера.** Процесс декодирования аналогичен процессу кодирования, разница в том, что этапы выполняются в обратном порядке (см. рис. 1).

#### 4. Критерий оценки качества результирующих изображений

**Среднеквадратическая ошибка** ( $\sigma$ ) — это показатель среднего квадрата отклонений и часто применяется на практике для объективной оценки качества результирующих изображений и вычисляется по формуле

$$\sigma = \frac{1}{NM} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (M_{i,j}^N - M_{i,j}^M)^2,$$

где  $N \times M$  — размеры изображения.

**Коэффициент сжатия** ( $K_{comp}$ ) — это отношение числа битов, необходимых для представления данных до сжатия, к числу битов, необходимых для представления данных после сжатия и рассчитывается по формуле

$$K_{comp} = \frac{Sum_{original\ image}}{Sum_{compressed\ image}},$$

где  $Sum_{original\ image}$  — число битов исходного изображения,  $Sum_{compressed\ image}$  — число битов сжатого изображения.

Увеличение коэффициента сжатия приводит к уменьшению битовой скорости передачи при учете ограничений канала и сохранении требуемого качества, и она (битовая скорость) вычисляется по формуле

$$R = \frac{8}{K_{comp}}$$

или по формуле

$$R = \frac{Sum_{compressed\ image}}{NM} \text{ (бит/пиксель)}.$$

Коэффициент сжатия и пиковое отношение сигнал/шум (PSNR) рассчитываются относи-

тельно исходного изображения и сжатого изображения. **Относительное число однородных блоков** ( $Swe_1$ ) — это доля блоков, не подвергающихся ДКП из-за высокой степени корреляции элементов блока, которая определяется по формуле

$$Swe_1 = \frac{Sum_{nonDCT}}{Sum_{Full}} \%.$$

Данный показатель был учтен при вычислении сложности алгоритмов кодирования изображений и коэффициента сжатия.

**Пиковое отношение сигнал/шум** (PSNR) — это безразмерная величина, которая аппроксимирует индекс качества изображения, достаточно информативна при сравнительных измерениях, но в плане оценки качества изображений может давать значительные отклонения, выявляемые при субъективной оценке изображения; определяется по формуле

$$PSNR = 10 \lg \frac{255^2}{\sigma}.$$

Важно отметить, при проведении экспериментов обнаружены случаи, когда более низкое значение PSNR может иметь лучшее качество (субъективно) по сравнению с изображением с более высоким отношением сигнал/шум (PSNR).

**Сложность алгоритма** ( $W$ ) — это число операций (сложение, умножение, сдвиги и т. д.), приходящихся на один пиксель, определяется по формуле

$$W = \frac{K_{(Mult+Add)} \beta_{Block\ size} k_{Block\ size}}{NM},$$

где  $K_{Mult+Add}$  — число сложений и умножений для блока ДКП;  $\beta_{Block\ size}$  — число пикселей в блоке и  $k_{Block\ size}$  — число блоков  $Block\ size$ .  $NM$  — число пикселей в блоке.

#### 5. Результаты моделирования алгоритмов сжатия изображений

Эксперименты проводились в среде *Microsoft Visual Studio* (C++). Изображения представляют собой снимки с различных цифровых камер наблюдения за дорогами с размерами  $256 \times 256$ ,  $512 \times 512$  и  $1024 \times 1024$ .

В работе выбрано три представительных класса транспортных сюжетов из девяти (см. таблицу):

- класс изображений с малой широкополосностью и малой мерой неопределенности ( $B_{w1} - U_{n1}$ );
- класс изображений со средней широкополосностью и средней мерой неопределенности ( $B_{w11} - U_{n2}$ );

**Таблица сравнения результатов сжатия различными методами**

Класс изображений	Критерии оценки	PSNR	$K_{comp}$	$\sigma$	$W$	$R$
$(B_{wI} - U_{n1})$	ПКЛ	<b>49,4</b>	35,6	3,4	79	2,4
	JPEG (ДКП)	<b>40,0</b>	27,4	7,5	56	1,7
	ДВП	<b>38,1</b>	36,2	14	64	0,8
	АДКП	<b>42,3</b>	37,3	13	63	0,6
$(B_{wII} - U_{n2})$	ПКЛ	<b>44,3</b>	26,2	2,9	96	2,4
	JPEG (ДКП)	<b>35,2</b>	26,8	17,1	66	3,3
	ДВП	<b>34,5</b>	27,9	19,2	75	1,0
	АДКП	<b>39,9</b>	29,3	15,9	82	0,7
$(B_{wIII} - U_{n3})$	ПКЛ	<b>42,1</b>	21,7	6,8	120	2,9
	JPEG (ДКП)	<b>34,9</b>	22,9	17,7	65	2,2
	ДВП	<b>33,8</b>	24,4	17,6	74	1,1
	АДКП	<b>37,4</b>	28,6	13,6	99	0,6

• класс изображений с большой широкополосностью и большой мерой неопределенности  $(B_{wIII} - U_{n3})$ .

Остальные сюжеты дали приблизительно такие же результаты. Поскольку было исследовано большое число изображений для каждого класса, то результаты, приведенные в таблице, были усреднены и погрешность при этом не превысила 2 %.

### Заключение

Сжатие изображений является чрезвычайно важной частью современных интеллектуальных транспортных систем наблюдения. Имея возможность сжимать изображения до доли их исходного размера, можно сэкономить ценное и дорогое дисковое пространство памяти. Кроме того, передача изображений с мест чрезвычайных ситуаций и аварий в диспетчерский центр управления в реальном времени становится возможной.

Из вышеприведенного исследования можно сделать следующие основные выводы:

1) предлагаемый метод на основе адаптивного косинусного преобразования принимает меньшее значение PSNR и среднеквадратическое отклонение, чем метод Карунена—Лоева, при этом такие показатели, как коэффициент сжатия, сложность и скорость передачи имеют значения меньше других;

2) применение адаптивного способа определения размеров блоков для косинусного преобразования позволило увеличить коэффициент сжатия на 10...20 % при сохранении субъективного качества по сравнению с известными алгоритмами вейвлет и JPEG;

3) поскольку метод Карунена—Лоева является сугубо теоретическим, то для его реализации были вычислены базисные функции

применительно для каждого изображения из представительной выборки транспортных сюжетов по отдельности;

4) получены важные статистические характеристики и зависимости числа блоков, подвергающихся косинусному преобразованию, различного размера от степени однородности областей изображений, позволяющие уменьшить вычислительную сложность устройств передачи видеoinформации в 1,2...3 раза;

5) в качестве перспективного развития направления исследования следует отметить необходимость применения свойства "адаптивности" предложенного алгоритма не только в пространстве сигнала, но и по времени с оценкой скорости движения транспортных средств, а также учета типа движения при формировании различных групп из видеопотока.

### Список литературы

1. **Rusul A., Hussein D., Sohani L., Saeed A.** Applications of Artificial Intelligence in Transport: An Overview. Sustainability 2019, 11, 189; doi: 10.3390/su11010189.
2. **Król A.** The Application of the Artificial Intelligence Methods for Planning of the Development of the Transportation Network // Transp. Res. Procedia. 2016. Vol. 14. P. 4532—4541.
3. **Фахми Ш. С., Цыцулин А. К.** и др. Принцип доминантной информации и его приложение к видеoinформатике // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. 2018. Вып. 4. С. 3—16.
4. **Hossen M. K., Tuli S. H.** A surveillance system based on motion detection and motion estimation using optical flow. In Informatics, Electronics and Vision (ICIEV) // 2016 5th International Conference on IEEE. 2016. P. 646—651.
5. **Huang D.-Y., Chen C.-H., Hu W.-C., Yi S.-C., Lin Y.-F.** et al. Feature-based vehicle flow analysis and measurement for a real-time traffic surveillance system // Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing. 2012. Vol. 3. P. 279—294.
6. **Porwal S., Chaudhary Y., Joshi J., Jain M.** Data Compression Methodologies for Lossless Data and Comparison between Algorithms // International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT). 2013. Vol. 2, N. 2. P. 142—147.
7. **Vijayvargiya S. G., Pandey R. P.** A Survey: Various Techniques of Image Compression // International Journal of Computer Science and Information Security. 2013. Vol. 11, N. 10.
8. **Фахми Ш. С.** Концепция проектирования интеллектуальных транспортных видеосистем на основе технологии "система на кристалле" // Журнал университета водных коммуникаций. 2013. Вып. II (XVIII). С. 79—88.
9. **Ричардсон Ян.** Видеокодирование. H.264 и MPEG-4 — стандарты нового поколения. М.: Техносфера, 2005. 368 с.
10. **Фахми Ш. С., Цыцулин А. К., Колесников Е. И., Очкур С. В.** Функционал взаимнообмена сложности и точности систем кодирования непрерывного сигнала // Информационные технологии. 2011. № 4. С. 71—77.
11. **Моисеев Н. Н.** Математические задачи системного анализа. М., Наука, 1981. 488 с.
12. **Castrillon-Candas J. E., Amaratunga K.** Fast Estimation of Continuous Karhunen-Loeve Eigenfunctions Using Wavelets // IEEE Transactions on Signal Processing. 2002.
13. **Mulla A., Baviskar J., Baviskar A., Warty C.** Image compression scheme based on zig-zag 3D-DCT and LDPC coding // Proc. International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics. 2014. P. 2380—2384.
14. **Thirumoorthi C., Karthikeyan T.** A study on discrete wavelet transform compression algorithm for medical images // Biomedical Research. 2017. Vol. 28 (4). P. 1574—1580.

15. Фахми Ш. С., Альмахрук М. М. и др. Точность, скорость и сложность устройств кодирования изображений по опорным точкам // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16, № 4. С. 678–689.

16. Abdelhalim M. B., Salama A. E. Implementation of 3D DCT based Video Encoder Decoder System // IEEE International Symposium on signals, Circuits and Systems. 2003. Vol. 2. P. 389–392.

17. Saponara S., Fanucci L., Terreni P. Low- Power VLSI architectures for 3D Discrete Cosine Transform // IEEE 48th Midwest Symposium on Circuits and Systems. 2013. Vol. 3. P. 1567–1570.

18. Fan Y., Shan-Ann C., Kuo-Gi W., Jun-Lin Y. 3D-DCT Chip Design for 3D Multi-view Video Compression // Appl. Math. Inf. Sci. 2012. Vol. 6, N. 2S. P. 567S–572S.

19. Фахми Ш. С., Зубакин И. А. Классификация нестационарных изображений и разработка методики оценки алгоритмов кодирования источника // Науч.-техн. вестник СПбГУ ИТМО. 2010. № 2 (66). С. 54–59.

20. Btoush M. H., Dawahdeh Z. E. A Complexity Analysis and Entropy for Different Data Compression Algorithms on Text Files // Journal of Computer and Communications. 2018. Jan. 12. P. 301–315. DOI: 10.4236/jcc.2018.61029

S. Sh. Fahmi, Professor, e-mail: shakeebf@mail.ru, St. Petersburg state electrotechnical University V. I. Ulyanov (Lenin) "LETI", Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences, N. G. Ryjov, Assistant Professor, e-mail: ngryzhov@etu.ru, St. Petersburg state electrotechnical University V. I. Ulyanov (Lenin) "LETI", Y. A. Hasan, post-graduate student, e-mail: midocom@mail.ru, St. Petersburg state electrotechnical University. V. I. Ulyanov (Lenin) "LETI", E. S. Kalinina, Assistant Professor, e-mail: elenakali21@yandex.ru, Saint-Petersburg University of state fire service of Emercom of Russia

## Adaptive Algorithm of Image Encoding and Decoding in Transport Video Surveillance Systems

*It is well known that the image processing standards (JPEG) and video processing standards (MPEG), based on the use of spectral cosine transformation, do not meet the growing requirements for high quality video transmission obtained from surveillance cameras in transport. The reason for this is the large amount of visual data and the fact that the optimization of the video codec should be done (at least) on three parameters: bit rate, distortion and computational complexity. Therefore, the task arises to develop new image compression algorithms that are best aligned with existing standards. One of the algorithms for improving the process of coding and decoding is considered in this paper. It differs from the existing ones in that the sizes of blocks subjected to cosine transformation can be arbitrary and are selected taking into account the specifics of transport subjects.*

**Keywords:** Image encoding, cosine transformation, adaptability, transport, transfer rate, complexity

DOI: 10.17587/it.25.474-481

### References

1. Rusul A., Hussein D., Sohani L., Saeed A. Applications of Artificial Intelligence in Transport: An Overview. Sustainability 2019, 11, 189; DOI:10.3390/su11010189.

2. Król A. The Application of the Artificial Intelligence Methods for Planning of the Development of the Transportation Network, *Transp. Res. Procedia*, 2016, vol. 14, pp. 4532–4541.

3. Fahmi S. Sh., Sycolin A. K. et al. the dominant information Principle and its application to videoinformation, *Questions of radio electronics, ser. The technique of television*, 2018, iss. 4, pp. 3–16 (in Russian).

4. Hossen M. K., Tuli S. H. A surveillance system based on motion detection and motion estimation using optical flow. In Informatics, Electronics and Vision (ICIEV), *2016 5th International Conference on IEEE*, 2016, pp. 646–651.

5. Huang D.-Y., Chen C.-H., Hu W.-C., Yi S.-C., Lin Y.-F. et al. Feature-based vehicle flow analysis and measurement for a real-time traffic surveillance system, *Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, 2012, vol. 3, pp. 279–294.

6. Porwal S., Chaudhary Y., Joshi J., Jain M. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)*, 2013, vol. 2, no. 2, pp. 142–147.

7. Vijayvargiya S. G., Pandey R. P. *International Journal of Computer Science and Information Security*, 2013, vol. 11, no. 10.

8. Fahmi S. Sh. *Journal of University of water communications*, 2013, iss. II (XVIII), pp. 79–88 (in Russian).

9. Richardson I. Video coding. H. 264 and MPEG — 4-new generation standards, Moscow, Technosphere, 2005, 368 p. (in Russian).

10. Fahmi S. Sh., Sycolin A. K., Kolesnikov E. I., Ochkur S. V. *Information Technology*, 2011, no. 4, pp. 71–77 (in Russian).

11. Moiseev N. N. Mathematical problems of system analysis, Moscow, Science, 1981, 488 p. (in Russian).

12. Castrillon-Candas J. E., Amaratunga K. Fast Estimation of Continuous Karhunen-Loeve Eigenfunctions Using Wavelets, *IEEE Transactions on Signal Processing*, 2002.

13. Mulla A., Baviskar J., Baviskar A., Warty C. Image compression scheme based on zig-zag 3D-DCT and LDPC coding, *Proc. International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics*, 2014, pp. 2380–2384.

14. Thirumoorthi C., Karthikeyan T. A study on discrete wavelet transform compression algorithm for medical images, *Bio-medical Research*, 2017, vol. 28 (4), pp. 1574–1580.

15. Fahmi S. Sh. *Journal of University of Water Communications*, 2013, iss. II (XVIII), pp. 79–88 (in Russian).

16. Abdelhalim M. B., Salama A. E. Implementation of 3D DCT based Video Encoder Decoder System", *IEEE International Symposium on signals, Circuits and Systems*, 2003, vol. 2, pp. 389–392.

17. Saponara S., Fanucci L., Terreni P. Low- Power VLSI architectures for 3D Discrete Cosine Transform", *IEEE 48th Midwest Symposium on Circuits and Systems*, 2013, vol. 3, pp. 1567–1570.

18. Fan Y., Shan-Ann C., Kuo-Gi W., Jun-Lin Y. 3D-DCT Chip Design for 3D Multi-view Video Compression, *Appl. Math. Inf. Sci.*, 2012, vol. 6, no. 2S, pp. 567S–572S.

19. Fahmi S. Sh., Zubakin I. A. Classification of non-stationary images, and developing methods of evaluation algorithms of source coding, *Nauch. technical Bulletin of SPBU ITMO*, 2010, no. 2 (66), pp. 54–59 (in Russian).

20. Btoush M. H., Dawahdeh Z. E. A Complexity Analysis and Entropy for Different Data Compression Algorithms on Text Files, *Journal of Computer and Communications*, 2018, Jan. 12, pp. 301–315, DOI: 10.4236/jcc.2018.61029