

# БЕЗПЕКА КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ ТА ІНТЕРНЕТ / NETWORK & INTERNET SECURITY

DOI: [10.18372/2225-5036.23.12111](https://doi.org/10.18372/2225-5036.23.12111)

## ТЕХНОЛОГИЯ БАЛАНСИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ДИНАМИЧЕСКОГО ВИДЕОРЕСУРСА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Владимир Баранник<sup>1</sup>, Денис Тарасенко<sup>2</sup>, Дмитрий Баранник<sup>2</sup>,  
Денис Медведев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харьковский национальный университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Украина

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет радиозлектроники, Украина

**БАРАННИК Владимир Викторович**, д.т.н.



*Год и место рождения:* 1971 год, г. Изюм, Харьковская область, Украина.

*Образование:* Харьковский военный университет, 1994 год.

*Должность:* начальник кафедры боевого применения и эксплуатации АСУ с 2012 года.

*Научные интересы:* информационная безопасность.

*Публикации:* более 550 научных публикаций, среди которых монографии, учебники, учебные пособия, научные статьи и патенты на изобретения.

*E-mail:* [vybar.off@gmail.com](mailto:vybar.off@gmail.com)

**ТАРАСЕНКО Денис Анатольевич**



*Год и место рождения:* 1980 год, г. Запорожье, Украина.

*Образование:* Национальный технический университет «КПИ», 2004 год.

*Должность:* аспирант Черкасского государственного технологического университета.

*Научные интересы:* информационная безопасность, кодирование информации.

*Публикации:* 13 научных публикаций.

*E-mail:* [taracenko@gmail.com](mailto:taracenko@gmail.com)

**БАРАННИК Дмитрий Владимирович**



*Год и место рождения:* 1997 год, г. Первомайск, Николаевская область, Украина.

*Должность:* студент Харьковского национального университета радиозлектроники.

*Научные интересы:* информационная безопасность, кодирование информации.

*Публикации:* 15 научных публикаций, среди которых монография, научные статьи.

*E-mail:* [d.v.barannik@gmail.com](mailto:d.v.barannik@gmail.com)

**МЕДВЕДЕВ Денис Олегович**



*Год и место рождения:* 1986 год, г. Днепропетровск, Украина.

*Образование:* Национальный горный университет, 2009 год.

*Должность:* начальник кафедры боевого применения и эксплуатации АСУ с 2012 года.

*Научные интересы:* информационная безопасность.

*Публикации:* 11 научных публикаций.

*E-mail:* [vybar.off@gmail.com](mailto:vybar.off@gmail.com)

**Аннотация.** В статье создается технология балансированной обработки видеопотока для снижения информационной интенсивности в инфокоммуникационных системах. Обосновываются недостатки методов внутрикадрового синтаксического кодирования предсказанных кадров для информационных технологий обработки и передачи видеопотока. Обосновываются базовые подходы для совершенствования технологий синтаксического кодирования трансформант с формированием пространства идентификаторов дискретных позиций двумерного структурно-спектрального описания. Разрабатывается эффективное синтаксическое представление трансформированных сегментов кадров Р-типа на основе одномерного двухосновного объектно-позиционного кодирования в условиях гибкого неравенства парных элементов. Излагается построение метода реконструкции контекстно-зависимого неравномерной длины вектора идентификатора уплотненного двумерного структурного пространства.

**Ключевые слова:** видеoinформационный ресурс, информационная интенсивность, двухкомпонентный вектор, видеосервис, кадр.

## Вступление

Ключевым звеном экономического роста, социального благополучия населения и национальной безопасности государства является системное развитие процессов информатизации. Составным компонентом здесь становится понятие информационного ресурса, как составляющей информированности личности и общества в целом, источником для принятия обоснованных ключевых решений и объектом системы обеспечения информационной безопасности [1].

В процессе предоставления информационных сервисов в интересах профильных организаций, в том числе в процессе функционирования в условиях кризисных ситуаций, возникает необходимость использования дистанционных инфокоммуникационных технологий на базе беспилотных бортовых комплексов. При этом за последнее десятилетие значительным образом вырос спрос на предоставление видеосервисов.

Возросшая роль беспилотных летательных комплексов (БЛК) для предоставления видеосервисов подтверждается тем, что доля их использования выросла за последние несколько лет на 50%. Здесь основными преимуществами по сравнению с другими аэромобильными платформами являются: отсутствие «дорогостоящего» экипажа, небольшая стоимость и малые эксплуатационные затраты, повышенная надежность, уменьшение массы и стоимости аппарата благодаря снятию многих конструктивных ограничений [2, 3].

В то же время, как показали оценки, время передачи кадра с высоким пространственным разрешением (что соответствует форматам FullHD и 4K) достигает сотен секунд. Временные задержки резко увеличиваются в случае передачи динамического видеоресурса (видеопотока) в реальном времени [4-6].

Такие временные задержки в свою очередь оказывают влияние на снижение качества других показателей, включая:

- вероятность потери пакетов на узле доступа из-за переполнения буферной памяти;
- загрузка узла доступа, показывающая задействованную вычислительную способность узла доступа при обработке принятых пакетов;
- пропускная способность, которая отражает объем данных, переданных сетью в единицу времени;
- задержка от источника к получателю, которое определяется как время между возникновением

запроса к какому-либо сетевому сервису и получением ответа на него.

Значит, информационная интенсивность значимым образом влияет на качество предоставления видеoinформационных сервисов с использованием платформ на базе БЛК. Основная причина здесь состоит в наличии дисбаланса между: с одной стороны, требованиями пользователей относительно качества предоставляемого динамического видеоресурса, а это, в первую очередь, рост интенсивности видеопотока в условиях заданного уровня целостности информации, а с другой стороны – недостаточными возможностями аэромобильных платформ относительно производительности аппаратуры обработки и передачи информации.

Системность такого дисбаланса проявляется в необходимости обеспечения следующих аспектов организации видеoinформационных сервисов с использованием БЛК [8]:

- необходимость повышения разрешающей способности видеопотока по условию повышения уровня интеллектуализированности процессов управления в системе профильных министерств;
- современные службы видеосервисов, рекомендуют использовать форматы повышенного качества с частотой кадров не менее 25 кадров/сек;
- использованием на борту БЛК одновременно нескольких сенсоров: видеокамеры и аэрофотоаппараты;
- использованием двух и более видеосенсоров для получения многомерного описания объектов визуализации;
- используется помехоустойчивое кодирование;
- используются селективные методы защиты видеопотока для обеспечения конфиденциальности информации.

Наличие такой тенденции роста информационной интенсивности видеопотока приводит к тому, что она опережает возможности сетей построенных с использованием аэромобильных платформ [7, 9-12].

Поэтому повышение качества предоставления видеoinформационных сервисов с использованием бортовых инфокоммуникационных технологий является актуальной научной задачей.

Основное направление решения сформулированной научной задачи в условиях обеспечения требуемой целостности информации состоит в снижении дисбаланса между ростом интенсивности динамического видеоресурса и производительностью бортовых инфокоммуникационных техноло-

гий. Для этого предлагается использовать информационные технологии обработки и передачи потока кадров (ИТОПК) [13-16].

Стандартизированные ИТОПК используют концепцию классификации кадров в локальных группах в зависимости от обеспечения весовой составляющей в суммарный баланс между интенсивностью кодированного видеопотока и целостностью информации. В общем случае здесь дифференцируются три весовые составляющие.

Первая весовая составляющая образуется базовыми кадрами – кадрами I-типа. Здесь весовая составляющая  $V(I)_k$ , приходящаяся на один кадр в группе, является максимальной. Для кадров данного типа обеспечивается наибольшее сохранение целостности информации.

Вторая весовая составляющая образуется кадрами P-типа. Кадры такого класса определяются как предсказываемые или напрямую относительно базового кадра (кадра I-типа) или опосредовано через промежуточные кадры P-типа. Собственно, на кадры P-типа возлагается ключевая роль относительно обеспечения баланса между интенсивностью кодированного видеоресурса и его целостностью. Это достигается в результате: снижения информационной интенсивности, приходящейся на кадры P-типа ценой внесения искажений; регулированием их количества  $v(P)$  в группе.

Третья весовая составляющая формируется кадрами B-типа. Данные кадры определяются в результате двунаправленного предсказания относительно смежных кадров P-типа и кадров B-типа. Кадры данного типа характеризуются наименьшим уровнем сохранения целостности исходного видеоресурса. Поэтому рост их количества в группе кадров приводит к потере целостности информации (снижается значение  $h$  пикового отношения сигнал/шум).

Информационная интенсивность  $V_{grp}^{(v_{grp})}$  видеопотока, приходящаяся на группу кадров определяется с использованием такого выражения:

$$V_{grp}^{(v_{grp})} = V(I)_k + v(P)V(P)_k + v(B)V(B)_k. \quad (1)$$

Интенсивность  $V(\rho_0; t)_k$  кодированного видеопотока определяется как количество бит, которое формируется с использованием ИТОПК для исходного видеопотока за требуемое время  $t$ . Если требуется доставить исходный видеопоток, имеющий структурно-семантические параметры  $\rho_0$ ,  $v_t$ ,  $M(\rho_0) \cdot N(\rho_0)$  и  $v(\rho_0)_{pix,\lambda}$ , за единицу времени  $t$ , то интенсивность кодированного видеопотока должна быть такой, чтобы создавать возможность его доставки за такое же время  $t$  с использованием существующих пропускных способностей бортовых телекоммуникаций. Поэтому требуется дополнительно учитывать временные затраты  $\tau(\rho_0)_{proc}$  на кодирование видеопотока для информационных технологий обработки и передачи потока кадров.

Оценка степени уменьшения информационной интенсивности видеопотока, приходящейся на один кадр в зависимости от его типа показала, что наибольший компромисс между уровнем целостно-

сти (величиной ПОСШ) и уровнем информационной интенсивности достигается для кадров P-типа. В свою очередь, оценка зависимости информационной интенсивности кодированного видеопотока от значения пикового отношения сигнал/шум для различных типов кодеков выявила, что существующие информационные технологии обработки и передачи видеопотока не обеспечивают компромисс между ростом информационной интенсивности динамического видеоресурса и ограниченностью пропускных способностей инфокоммуникационных технологий на базе бортовых беспилотных комплексов. С учетом чего, *цель исследований* статьи заключается в разработке технологии балансированной обработки динамического видеоресурса для снижения информационной интенсивности в инфокоммуникационных системах.

### Разработка технологии снижения информационной интенсивности в инфокоммуникационных системах

Совершенствование информационных технологий обработки и передачи потока кадров *предлагается* осуществлять в направлении повышения эффективности кодирования последовательности кадров P-типа. Для существующих технологий основное снижение интенсивности достигается за счет сокращения количества психовизуальной избыточности. Однако это приводит к потерям целостности информации и снижению детализации видеок кадров [17].

Наоборот, технологические этапы, не связанные с потерей целостности, основываются на устранении структурно-статистических видов избыточности. На них приходится не более 30 % от общей доли снижения информационной интенсивности.

Одними из перспективных являются методы на основе формирования *двухкомпонентных векторов*, а именно:  $\{\ell(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_u\}$ . Здесь  $\ell(\tau; \delta)_u$  – длина последовательности незначимых компонент, предшествующих значимой компоненте  $z(\tau; \delta)_u$  для  $\tau$ -й трансформанты в случае ее квантования с параметром  $\delta$  [18].

Дальнейшая технология обработки заключается в использовании стратегии выделения количества разрядов под компоненты  $\ell(\tau; \delta)_u$  и  $z(\tau; \delta)_u$ . Среди существующих технологий кодирования выделяются две группы, отличающиеся подходами относительно построения статистических моделей оценки информативности двухкомпонентного описания трансформант, а именно статические и динамические. В тоже время их сравнительная оценка показала, что уровень значений величины  $\eta$  снижения информационной интенсивности трансформированных сегментов в среднем не превышает 1,7 раз. Значит, можно заключить, что существующие технологии синтаксического кодирования трансформированных сегментов обладают системными недостатками.

Для их устранения требуется разработать подходы, не связанные с использованием статистических моделей информативности трансформант.

В связи с чем, рассмотрим синтаксическое описание трансформанты, задаваемое двумерным массивом  $Y_2^{(1)}$  [19]:  $Y^{(1)} \rightarrow Y_2^{(1)} = \{\ell(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_u\}$ ,  $u = \overline{2, U-1}$ .

Данный массив рассматривается как двумерный структурно-комбинаторный объект, строками которого являются перестановки с повторениями по  $U-2$  элементов с двумя спецификациями, определяемыми как ограничения на динамический диапазон соответственно  $d(\ell; \delta)_\tau$ ,  $d(z; \delta)_\tau$ .

Информативность  $V(Y_2^{(1)})$  такого синтаксического представления трансформанты оцениваться по формуле:

$$V(Y_2^{(1)}) = \log_2 Q(Y_2^{(1)}) = (U-2) \log_2 (d(\ell; \delta)_\tau \cdot d(z; \delta)_\tau).$$

Здесь  $Q(Y_2^{(1)})$  - количество допустимых массивов  $Y_2^{(1)}$  для компонент которого выполняются ограничения, задаваемые следующими соотношениями:

$$\ell(\tau; \delta)_u \leq \begin{cases} d(\ell; \delta)_\tau = 1, & \rightarrow u = 1; \\ d(\ell; \delta)_\tau < \ell(\tau; \delta)_{\max}, & \rightarrow 2 \leq u \leq U; \\ d(\ell; \delta)_\tau = \ell(\tau; \delta)_{\max}, & \rightarrow u = U. \end{cases}$$

$$1 \leq z(\tau; \delta)_u \leq d(z; \delta)_\tau < z(\tau; \delta)_{\max}, u = \overline{2, U-1}.$$

Здесь величина  $d(z; \delta)_\tau$  определяется как:  $d(z; \delta)_\tau = \max_{2 \leq u \leq U-1} \{z(\tau; \delta)_u\}$ .

Соответствующее количество  $R(Y_2^{(1)})$  потенциально устраняемой избыточности в процентном соотношении определяется с использованием такого выражения:  $\bar{R}(Y_2^{(1)}) = (1 - V(Y_2^{(1)})) / V(Y_2^{(1)})_{\text{beg}} \cdot 100\%$ .

В тоже время для среднеинформативных видеокладов количество такой избыточности не будет превышать 30%. С другой стороны, видеоклады дистанционного мониторинга с использованием бортовых комплексов отличаются как раз наличием средней насыщенности структурными деталями.

Отсюда можно заключить, что, с одной стороны, рассмотренный подход относительно формирования эффективного внутрикадрового синтаксического кодирования обладает потенциалом для дополнительного снижения интенсивности потока кадров. С другой стороны, такой подход не в полной мере учитывает особенности обработки кадров Р-типа.

Поэтому для дополнительного снижения информационной интенсивности предлагается учитывать новые структурные закономерности, которые создаются в процессе обработки трансформированных сегментов кадров Р-типа. В рамках чего, предлагается осуществлять перетрансформацию структурного пространства трансформанты  $\{L; Z\}$ .

Суть перетрансформации векторов  $\{\ell(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_u\}$  заключается в обеспечении тенденции пропорционального изменения значений его компонент  $\ell(\tau; \delta)_u$  и  $z(\tau; \delta)_u$ . Для этого предлагается значимые компоненты линеаризированной трансформанты размещать в обратном порядке. В этом случае пере-

трансформация двухкомпонентных векторов описывается следующим выражением:

$$\tilde{p}_u : \{\ell(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_{U-u+1}\}, \quad (2)$$

где  $\tilde{p}_u$  -  $u$ -я перетрансформированная дискретная позиция двумерного структурного пространства (ДСП)  $\{L; Z\}$  трансформанты.

Схема перетрансформирования двухкомпонентных векторов представлена в табл. 1.

Схема перетрансформирования двухкомпонентных векторов

Таблица 1

$u$	2	..	$u$	...	$U-2$	$U-1$
до перетрансформирования						
$\ell(\tau; \delta)_u$	$\ell(\tau; \delta)_2$	...	$\ell(\tau; \delta)_u$	...	$\ell(\tau; \delta)_{U-2}$	$\ell(\tau; \delta)_{U-1}$
$z(\tau; \delta)_u$	$z(\tau; \delta)_2$	...	$z(\tau; \delta)_u$	...	$z(\tau; \delta)_{U-2}$	$z(\tau; \delta)_{U-1}$
после перетрансформирования						
$z(\tau; \delta)_u$	$z(\tau; \delta)_{U-1}$	...	$z(\tau; \delta)_{U-u+1}$	...	$z(\tau; \delta)_3$	$z(\tau; \delta)_2$

В результате чего строится перетрансформированный вектор  $\tilde{P}(U-2)$  дискретных позиций ДСП пространства, который в координатной форме примет следующий вид:  $\tilde{P}(U-2) = \{\tilde{p}_2; \dots; \tilde{p}_u; \dots; \tilde{p}_{U-1}\}$ .

С учетом чего предлагается формировать синтаксическое представление трансформанты  $Y$  в двумерном структурном пространстве  $\{L; Z\}$  по объектному принципу. Здесь единое кодовое значение строится для координат  $\{\ell(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_{U-u+1}\}$  дискретной позиции  $\tilde{p}_u$  ДСП пространства, как для отдельных объектов. Такие кодовые значения предлагается называть идентификаторами  $I(\tau; \delta)_u$ , что задается выражением:  $\tilde{p}_u : \{\ell(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_{U-u+1}\} \rightarrow I(\tau; \delta)_u$ .

При этом требуется учитывать следующие аспекты [17].

1. Количество дискретных отсчетов ДСП пространства является *неравномерным контекстно-зависимым*, т.е.  $U = \text{var}$ .

2. Двумерное структурное пространство  $\{L; Z\}$  является уплотненным по значимым компонентам спектра, что задается неравенством:  $U < n^2$ .

3. Максимальные значения элементов векторов  $L$  и  $Z$  ограничены соответственно величинами  $d(\ell; \delta)_\tau$  и  $d(z; \delta)_\tau$ , т.е.:

$$\ell(\tau; \delta)_u \in [0; d(\ell; \delta)_\tau] \text{ и } z(\tau; \delta)_u \in [0; d(z; \delta)_\tau]. \quad (3)$$

4. Из обработки исключаются позиции  $p_u$  ДСП пространства с координатами  $u=1$  и  $u=U$ .

5. Двумерное структурное спектральное пространство трансформанты является перетрансформированным в соответствии с однонаправленностью градиента изменения значений элементов двухкомпонентных векторов, что задается выражением (2).

Таким образом, создана концепция внутрикадрового эффективного синтаксического кодирования трансформированных сегментов видеокладов на основе того, что формируется уплотненное ДСП пространство по векторам структурных характери-

стик с последующей идентификацией их координатных объектов с сохранением целостности информации в условиях однонаправленности градиента и *неравномерного контекстно-зависимого* количество их позиций в ДСП пространстве.

Для обеспечения целостности информации требуется обеспечить взаимно-однозначное функциональное преобразование  $F(I)$  для перевода ДСП пространства трансформанты в пространство идентификаторов и наоборот. При этом с учетом перетрансформации координатных объектов  $\tilde{p}_u$  ДСП пространства *предлагается* формировать идентификаторы  $I(\tau; \delta)_u$  их позиций  $\tilde{p}_u$ , как кодовые значения биадических чисел в условиях градиентной однонаправленности. Тогда функциональное преобразование  $F(I)$  для идентификации будет задаваться соотношением:  $I(\tau; \delta)_u = (\ell(\tau; \delta)_u (d(z; \delta)_\tau - 1) + z(\tau; \delta)_{U-u+1})$ .

Обоснование условий взаимнооднозначности идентификации, базируется на следующем утверждении.

*Утверждение о взаимнооднозначности идентификации уплотненного ДСП пространства по координатным объектам.* Для выбранного правила идентификации координатных объектов  $\tilde{p}_u$ , в условиях (3) заданных ограничений на значения его составляющих  $\ell(\tau; \delta)_u$  и  $z(\tau; \delta)_{U-u+1}$ , можно построить только один идентификатор. Наоборот для заданных ограничений по величине  $I(\tau; \delta)_u$  можно идентифицировать только одну дискретную позицию  $\tilde{p}_u$  ДСП пространства.

С учетом чего для построения обратного функционала  $F(I)^{-1}$  необходимо и достаточно использовать сведения о динамическом количестве значений  $d(\ell; \delta)_\tau$  и  $d(z; \delta)_\tau - 1$ , которое соответственно принимают элементы векторов  $L$  и  $Z$  трансформанты. Тогда основываясь на принципе биадического декодирования в условиях градиентной однонаправленности реконструкция координатных составляющих  $\ell(\tau; \delta)_u$  и  $z(\tau; \delta)_{U-u+1}$  по соответствующему значению идентификатора  $I(\tau; \delta)_u$ , задается соотношениями:  $\ell(\tau; \delta)_u = [I(\tau; \delta)_u / (d(z; \delta)_\tau - 1)] - [I(\tau; \delta)_u / ((d(z; \delta)_\tau - 1) \cdot d(\ell; \delta)_\tau)] d(\ell; \delta)_\tau$ ;  $z(\tau; \delta)_{U-u+1} = I(\tau; \delta)_u - [I(\tau; \delta)_u / (d(z; \delta)_\tau - 1)] (d(z; \delta)_\tau - 1)$ .

Создание эффективного синтаксического представления последовательности  $I(\tau; \delta)$  идентификаторов координатных объектов ДСП пространства необходимо проводить с учетом наличия двух закономерностей.

*Первая структурная закономерность* состоит в наличии ограничений на допустимое количество  $Q(\tilde{p}_u; \delta)$  значений, которое принимает идентификатор для координатного объекта, что задается неравенством:  $I(\tau; \delta)_u \leq Q(\tilde{p}_u; \delta) - 1 = d(\ell; \delta)_\tau \cdot (d(z; \delta)_\tau - 1)$ ,  $u = \overline{2, U-1}$ .

*Вторая структурная закономерность* состоит в том, что значения координатных составляющих ДСП пространства имеют градиентную однонаправленность. Это свойство координатных объектов  $\tilde{p}_u$

создает условия относительно наличия тенденции гибкого неравенства парных идентификаторов. Под парными идентификаторами здесь понимаются идентификаторы на соседних позициях в векторе  $I(\tau; \delta)$ , например  $u$ -я пара запишется следующим образом:  $\{I(\tau; \delta)_u; I(\tau; \delta)_{u+1}\}$ ,  $u = \overline{2, U-2}$ .

Понятие гибкости неравенства вводится в связи с тем, что возможны случаи, когда значения парных идентификаторов будут одинаковыми, т.е.:  $I(\tau; \delta)_\gamma = I(\tau; \delta)_\xi$ , где  $\gamma \neq \xi$ ,  $\gamma = \overline{2, U-1}$ ,  $\xi = \overline{2, U-1}$ .

Чтобы пометить такие пары *предлагается* вводить вектор-синдром  $S(\tau; \delta)$ , элементы  $s(\tau; \delta)_u$  которого находятся по следующей системе формул:

$$s(\tau; \delta)_u = \begin{cases} 0 & \rightarrow I(\tau; \delta)_u \neq I(\tau; \delta)_{u+1}; \\ 1 & \rightarrow I(\tau; \delta)_u = I(\tau; \delta)_{u+1}. \end{cases}$$

В этом случае вектор  $I(\tau; \delta)$  идентификаторов описывается двумя составляющими, а именно вектором  $\hat{I}(\tau; \delta)$  идентификаторов в условиях наложения ограничений на неравенство парных элементов и соответствующим синдромом  $S(\tau; \delta)$ . Это позволяет дать следующую интерпретация последовательности  $\hat{I}(\tau; \delta)$ .

*Определение.* Вектор  $\hat{I}(\tau; \delta)$  идентификаторов в условиях наложения ограничений на неравенство парных элементов называется *одномерным объектно-позиционным числом с основанием*  $Q(\tilde{p}_u; \delta)$ , для элементов которого выполняется условие гибкого неравенства (с синдромом парного неравенства  $S(\tau; \delta)$ ).

Поэтому эффективное синтаксическое кодирование вектора идентификатора ДСП пространства должно осуществляться с учетом дополнительного использования синдрома  $S(\tau; \delta)$  объектно-позиционного числа в условиях наличия гибкого неравенства его парных элементов. Для этого *необходимо* интегрировать в кодообразующую систему вектора  $\hat{I}(\tau; \delta)$  идентификаторов синдром  $S(\tau; \delta)$  объектно-позиционного числа. Такое интегрирование предлагается проводить на основе следующих технологических аспектов:

1. Первый аспект, заключается в учете гибкости неравенства парных идентификаторов. Для этого вводится корректирующая вспомогательная величина  $\theta'(\tau; \delta)_u$ , а именно:

$$\theta'(\tau; \delta)_u = \begin{cases} \hat{I}(\tau; \delta)_u, & \rightarrow \hat{I}(\tau; \delta)_u < \hat{I}(\tau; \delta)_{u-1} \vee s(\tau; \delta)_u = 0; \\ \hat{I}(\tau; \delta)_u - 1, & \rightarrow \hat{I}(\tau; \delta)_u > \hat{I}(\tau; \delta)_{u-1} \vee s(\tau; \delta)_u = 0; \\ I(\tau; \delta)_u, & \rightarrow s(\tau; \delta)_u = 1. \end{cases}$$

2. Второй технологической аспект относится к формированию весовых коэффициентов  $Q(s(\tau; \delta)_u)$ , и описывается следующей системой выражений:

$$Q(s(\tau; \delta)_u) = \begin{cases} \hat{Q}(\tilde{p}_u; \delta) \rightarrow I(\tau; \delta)_u \neq I(\tau; \delta)_{u+1}, s(\tau; \delta)_u = 0; \\ Q(\tilde{p}_u; \delta) \rightarrow I(\tau; \delta)_u = I(\tau; \delta)_{u+1}, s(\tau; \delta)_u = 1. \end{cases}$$

В этом случае последовательность  $\hat{I}(\tau; \delta)$  идентификаторов можно трактовать как *одномерное двухосновное*  $\{Q(\tilde{p}_u; \delta); \hat{Q}(\tilde{p}_u; \delta)\}$  объектно-позиционное

число с учетом наличия гибкости условия неравенства смежных элементов, т.е. с учетом синдрома  $S(\tau; \delta)$ .

Тогда система соотношений для одномерного двухосновного объектно-позиционного кодирования, в условиях гибкого неравенства парных элементов примет следующий вид:

$$\begin{aligned} \hat{E}(s; \tau; \delta) &= \sum_{u=2}^{U-1} \theta'(\tau; \delta)_u Q'(s; \tau; \delta)_{U-u-1} = \\ &= \sum_{u=2}^{U-1} \theta'(\tau; \delta)_u Q(\tilde{p}_u; \delta)^{v_u} \cdot \hat{Q}(\tilde{p}_u; \delta)^{\hat{v}_u}. \end{aligned}$$

Здесь  $\hat{E}(s; \tau; \delta)$  - кодовое значение одномерного двухосновного объектно-позиционного числа в условиях гибкого неравенства парных элементов, т.е. с учетом синдрома  $S(\tau; \delta)$ ;  $v_u$  и  $\hat{v}_u$  - количество идентификаторов, оставшихся не обработанных на  $u$ -м шаге кодирования, и соответственно для которых выполняется условие равенства, и наоборот.

$Q'(s; \tau; \delta)_{U-u-1}$  - весовой коэффициент вспомогательного элемента  $\theta'(\tau; \delta)_u$  с дополнительным учетом информации о величине  $s(\tau; \delta)_u$ .

Метод реконструкции вектора  $I(\tau; \delta)$  идентификаторов организуется следующими технологическими этапами [18].

*Первый технологический этап.* Определяется количество  $v_2$  и  $\hat{v}_2$  идентификаторов на начальном шаге обработки,  $u=2$ , для которых соответственно выполняются условие равенства, т.е.  $s(\tau; \delta)_u=1$  и наоборот, т.е.  $s(\tau; \delta)_u=0$ . Для этого используется информация о соответствующих элементах синдрома, т.е.:

$$s(\tau; \delta)_u = \begin{cases} 0, & \rightarrow I(\tau; \delta)_u \neq I(\tau; \delta)_{u+1}, \\ \theta'(\tau; \delta)_u = \theta(\tau; \delta)_u; & \\ 1, & \rightarrow I(\tau; \delta)_u = I(\tau; \delta)_{u+1}, \\ \theta'(\tau; \delta)_u = I(\tau; \delta)_u. & \end{cases} \quad (3)$$

На втором технологическом этапе проводится установление типов оснований.

*Третий технологический этап* заключается в непосредственном восстановлении элементов  $I(\tau; \delta)_u$  и  $\theta(\tau; \delta)_u$  двухосновного объектно-позиционного числа.

В начале с использованием формулы  $\hat{I}(\tau; \delta)_0 = Q(\tilde{p}_u; \delta) = d(l; \delta)_\tau \cdot (d(z; \delta)_\tau - 1)$  формируется информация о элементе  $\hat{I}(\tau; \delta)_0$ , который условно предшествует идентификатору  $\hat{I}(\tau; \delta)_2$ .

После чего, на основе имеющейся информации процесс реконструкции величины  $\hat{E}(s; \tau; \delta)$  реализуется путем взвешенного декодирования в двухосновном объектно-позиционном пространстве в условиях использования синдрома  $S(\tau; \delta)$  для идентификации наличия парного неравенства между элементами. Для этого используется следующая система соотношений:

$$\theta'(\tau; \delta)_u = \begin{cases} I(\tau; \delta)_u = \left[ \frac{\hat{E}(s; \tau; \delta)}{Q'(s; \tau; \delta)_{U-u-1}} \right] - \\ - \left[ \frac{\hat{E}(s; \tau; \delta)}{Q(\tilde{p}_u; \delta) \cdot Q'(s; \tau; \delta)_{U-u-1}} \right] Q(\tilde{p}_u; \delta), \\ \rightarrow s(\tau; \delta)_u = 1; \\ \theta(\tau; \delta)_u = \left[ \frac{\hat{E}(s; \tau; \delta)}{Q'(s; \tau; \delta)_{U-u-1}} \right] - \\ - \left[ \frac{\hat{E}(s; \tau; \delta)}{Q(\tilde{p}_u; \delta) \cdot Q'(s; \tau; \delta)_{U-u-1}} \right] \hat{Q}(\tilde{p}_u; \delta), \\ \rightarrow s(\tau; \delta)_u = 0. \end{cases}$$

Сравнительная оценка для разработанного метода относительно известных технологий кодирования предсказанных кадров с использованием стандартизированных технологий внутрикадровой обработки на базе JPEG платформы по степени  $\eta$  снижения информационной интенсивности приведена на Рис. 1. Соответственно оценка по уровню  $V_k$  информационной интенсивности, приходящейся на один кадр - на Рис. 2.

По результатам таких оценок можно утверждать следующее.

Для разработанного метода эффективного кодирования сегмента предсказанного кадра достигается выигрыш по степени уменьшения информационной интенсивности относительно известных подходов реализации кодирования трансформант для стандартизированных информационных технологий, а именно: для среднеинформативных сегментов видеокadres в режиме ПОСШ на уровне 35 дБ, и составляет 19 %.

Создаются условия для обеспечения баланса между уровнем информационной интенсивности HD качества и уровнем сохранения целостности информации (качество предсказанных кадров без учета информации в базовом кадре на уровне 35 дБ) для пропускной способности инфокоммуникационной сети, начиная с уровня 5 Мбит/с.

## Выводы

1. Создана технология балансирующей обработки динамического видео ресурса для снижения информационной интенсивности в инфокоммуникационных системах. Данная технология базируется на двух концептуальных составляющих, а именно: 1) метод кодирования предсказанных кадров видеопотока, который базируется на эффективном синтаксическом кодировании трансформированных сегментов на основе одномерного двухосновного объектно-позиционного кодирования в пространстве идентификаторов с учетом наличия неравенства парных элементов по вектору синдрому; 2) метод реконструкции вектора идентификатора уплотненного ДСП пространства на основе его двухкаскадной идентификации путем двухосновного объектно-позиционного декодирования в условиях наличия парного неравенства между элементами, количество которых является неравномерным и контекстно-зависим.

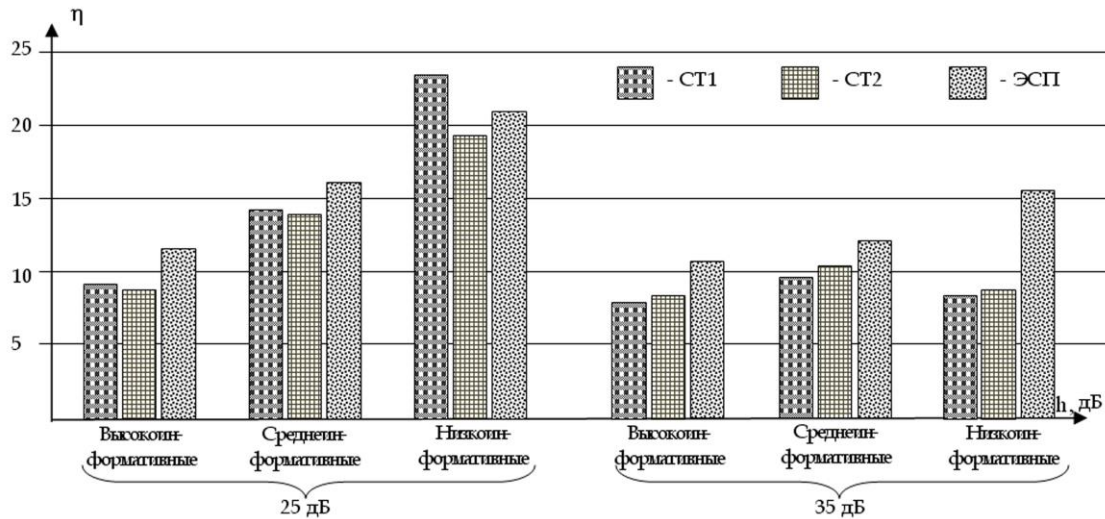


Рис. 1. Диаграммы зависимости величины  $\eta$  от степени информативности видеокadra для стандартизированных кодеков и разработанного метода ЭСП для  $\delta=35$  дБ и  $\delta=25$  дБ

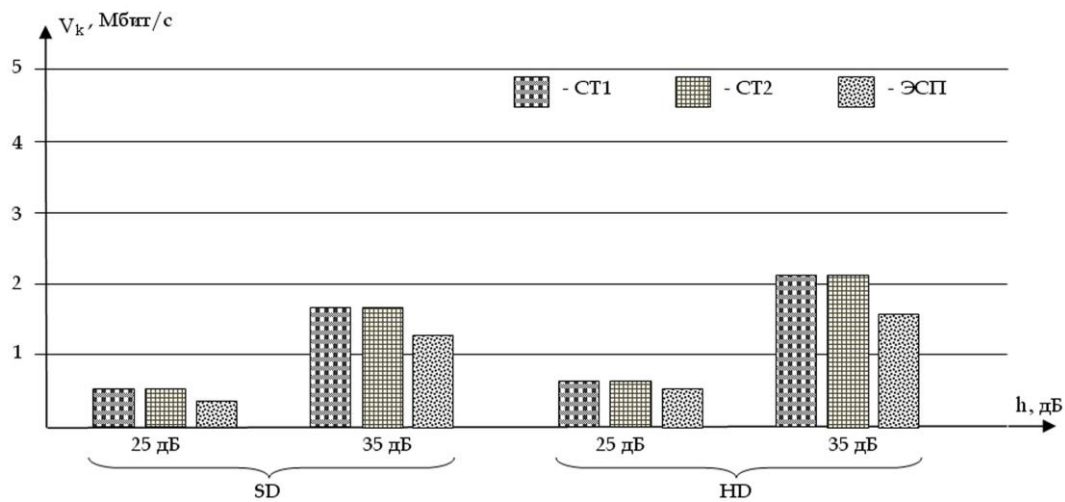


Рис. 2. Графики зависимости битовой скорости  $V_k$  кадра от ПОСШ для разного пространственного разрешения

2. В случае построения стандартизированной информационной технологии обработки потока кадров на основе использования разработанной технологии достигается выигрыш по уровню информационной интенсивности относительно стандартных платформ. Это проявляется в следующем: дополнительно снижается уровень информационной интенсивности в среднем на 17 % для ПОСШ 35 дБ и 14 % для ПОСШ 25 дБ; создается условия для обеспечения баланса между уровнем информационной интенсивностью HD качества и уровнем сохранения целостности информации для пропускной способности инфокоммуникационной сети, начиная с уровня 5 Мбит/с; для допустимого уровня целостности информации, соответствующего значению ПОСШ 25 дБ, достигается баланс с уровнем информационной интенсивностью HD качества по размеру кадра, начиная с уровня пропускной способности инфокоммуникационной сети 1 Мбит/с.

#### Новизна

Получила дальнейшее развитие технология балансирующей обработки динамического видеоресурса для снижения информационной интенсивности в инфокоммуникационных системах, ко-

торая отличается от других тем, что: эффективное синтаксическое кодирование трансформированных сегментов осуществляется на основе одномерного двухосновного объектно-позиционного кодирования в пространстве идентификаторов в условиях гибкого наличия неравенства парных элементов; декодирование трансформанты проводится на основе двухкаскадной идентификации ее ДСП пространства путем двухосновного объектно-позиционного декодирования в условиях гибкого наличия парного неравенства между элементами.

Это обеспечивает: во-первых, снижение информационной интенсивности видеопотока для энергоэффективных бортовых инфокоммуникационных технологий; во-вторых восстановление сегментов видеокadров без потери целостности информации.

#### Литература

- [1] В. Кашкин, «Цифровая обработка аэрокосмических изображений». Красноярск, 121 с, 2008.
- [2] А. Алімпієв, В. Бараннік., Т. Белікова, С. Сідченко, «Теоретичні основи створення технологій протидії прихованим інформаційним атакам в

сучасній гібридній війні», *Системи обробки інформації*. Харків. ХНУПС, № 4(150), С. 113-121, 2017.

[3] С. Шульгин, А. Красноручкий, О. Кулида, «Исследование характеристик сервиса дистанционного предоставления видеослужб при управлении в кризисных ситуациях», *Открытые компьютерные информационные интегрированные технологии*, №70, С. 263-270, 2015.

[4] R. Gonzalez, «Digital image processing». М.: Technosphere, 1072 p, 2005.

[5] Дж. Миано, «Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии: учебное пособие». М.: Триумф, 36 с, 2003.

[6] В. Лидовский, «Теория информации». Компания Спутник+, 111 с., 2004.

[7] O. Yudin, O. Frolov, R. Ziubina, «Quantitative quality indicators of the invariant spatial method of compressing video data», *Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T), Second International Scientific-Practical Conference*, pp. 227-229, 2015.

[8] Н. Красильников, «Цифровая обработка изображений». М.: Вузовская книга, 320 с., 2011.

[9] O. Stankiewicz, K. Wegner, D. Karwowski, J. Stankowski, K. Klimaszewski, T. Grajek, «Encoding mode selection in HEVC with the use of noise reduction», *International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)*, Poznan, pp. 1-6, 2017.

[10] Y. Zhang, S. Negahdaripour, Q. Li, «Error-resilient coding for underwater video transmission», *OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey*, Monterey, CA, pp. 1-7, 2016.

[11] S. Wang, X. Zhang, X. Liu, J. Zhang, S. Ma, W. Gao, «Utility-Driven Adaptive Preprocessing for Screen Content Video Compression», *Transactions on Multimedia*, vol. 19, no. 3, pp. 660-667, March 2017.

[12] Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин, «Методы сжатия данных. Устройство архива-

торов, сжатие изображений и видео»: учебное пособие М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 384с, 2003.

[13] V. Barannik, Yu. Ryabukha, S. Podlesnyi, «Structural slotting with uniform redistribution for enhancing trustworthiness of information streams», *Telecommunications and Radio Engineering*, *Elektrosvyaz*, N76 (7), pp. 607, 2017.

[14] A. Alimpiev, V. Barannik, S. Sidchenko, «The method of cryptocompression presentation of videoinformation resources in a generalized structurally positioned space», *Telecommunications and Radio Engineering*, №76 (6), pp. 521-534, 2017.

[15] В. Хаханов, И. Побеженко, «Модели и архитектура вейвлет преобразований для стандарта JPEG 2000», *АСУ и приборы автоматизации*, №2(139), с. 4-12, 2007.

[16] П. Гуржий, Ю. Бойко, В. Третяк, «Адаптивне одноосновне позиційне кодування масивів довжин серій двійкових елементів» *Радиоелектроніка і інформатика*, №2, С. 12-17, 2013.

[17] V. Barannik, A. Krasnorutskiy, Yu. Ryabukha, D. Okladnoy, «Model intelligent processing of aerial photographs with a dedicated key features interpretation», *Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET)*, Lviv, pp. 736, 2016.

[18] В. Баранник, Ю. Рябуха, «Концептуальний метод підвищення безпеки дистанційного відеоінформаційного ресурсу в системі аеромоніторингу кризових ситуацій на основі інтелектуальної обробки відеокадрів», *Радиоелектронні комп'ютерні системи*, № 3, С. 19-21, 2015.

[19] В. Баранник, Д. Тарасенко, «Метод синтаксического представлення ідентифікаційного структурного простору трансформанти для інформаційних технологій кодування відеопотока», *Радиоелектроніка і інформатика*, №3, С. 29-38, 2016.

## УДК 621.327: 681.5 (045)

**Баранник В.В., Тарасенко Д.А., Баранник Д.В., Медведев Д.О. Технологія балансованої обробки динамічного відеоресурсу для зниження інформаційної інтенсивності в інфокомунікаційних системах**

**Анотація.** У статті створюється технологія балансованої обробки відеопотоку для зниження інформаційної інтенсивності в інфокомунікаційних системах. Обґрунтовуються недоліки методів внутрішньокадрового синтаксичного кодування передбачених кадрів для інформаційних технологій обробки і передачі відеопотоку. Обґрунтовуються базові підходи для вдосконалення технологій синтаксичного кодування трансформант з формуванням простору ідентифікаторів дискретних позицій двовимірного структурно-спектрального опису. Розробляється ефективне синтаксичне представлення трансформованих сегментів кадрів P-типу на основі одновимірного двоосновного об'єктно-позиційного кодування в умовах гнучкої нерівності парних елементів. Викладається побудова методу реконструкції контекстно-залежного нерівномірної довжини вектору ідентифікатора уцілененого двовимірного структурного простору.

**Ключові слова:** ресурс відеоінформації, інформаційна інтенсивність, двокомпонентний вектор, відеосервіс, кадр.

**Barannik V., Tarasenko D., Barannik D., Medvedev D. The dynamic video resource balanced processing technology for decrease of information intensity in infocommunication systems**

**Abstract.** In article the video stream balanced processing technology for decrease in information intensity of infocommunication systems is created. It is justified shortcomings of intraframe syntax coding methods of the predicted frames for information processing technologies and video stream transmission. It is justified basic approaches for enhancement of transforms syntax coding technologies with formation of the discrete line items identifiers space of the two-dimensional structural-spectral description. Effective syntax representation of the transformed segments of P-type frames on the basis of one-dimensional double-base object and positional coding in the conditions of conjugate elements flexible inequality is developed. Creation of non-uniform length context-dependent identifier vector reconstruction of the DPS space method is explained.

**Key words:** video information resource, information intensity, two-component vector, video service, shot.