

УДК 621.391

В. В. БАРАННИК<sup>1</sup>, С. С. ШУЛЬГИН<sup>2</sup><sup>1</sup> Харьковский университет Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба, Украина<sup>2</sup> Национальный авиационный университет, Киев, Украина

## МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ ЗАКРЫТОГО ВИДЕОИНФОРМАЦИОННОГО ПОТОКА ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ОБЪЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ВЕДОМСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Показано, что для повышения доступности и целостности динамического видеоинформационного ресурса в системе управления объективного контроля для инфокоммуникационных систем необходимо использовать технологии эффективного синтаксического представления на основе обработки последовательности предсказанных кадров в условиях обеспечения их конфиденциальности обеспечивающей с использованием селективных методов. Обоснован и построен подход для эффективного синтаксического описания дифференциально-описанных спектрограмм (ДОС), являющихся составляющими слотов Р-кадров, на основе структурно-комбинаторного представления. Изложены основные этапы разработки эффективного кодирования нормированной информативной дифференциально-описанной спектрограммы в двухкомпонентном градиентном пространстве структурно-локальных ограничений, учитывающее: выявление структурно-локальных закономерностей по результату анализа всех элементов ДОС; то, что длина информативной дифференциально-описанной спектрограммы устанавливается заранее до начала процесса обработки; необходимость восстановления информативных элементов ДОС без потери целостности.

**Ключевые слова:** безопасность динамических видеоресурсов, кодирование слотов предсказанных кадров, дифференциально-описанная спектрограмма, локально-структурные ограничения.

### Введение

В современных условиях остро стоит вопрос повышения эффективности функционирования системных отраслей, играющих ключевую роль в развитии государства. Здесь важным аспектом является организация систем управления и объективного контроля (СУОК), которые обеспечивают сбор, обработку, передачу и подготовку для принятия решений с учетом оценки текущего состояния мониторинговых объектов. Исходя из того, что зона мониторинга достигает значительных географических размеров (система нефтегазопровода, железнодорожный транспорт, объекты государственной пограничной службы, зоны стихийного бедствия), и часто находится в труднодоступных местах, то возникает потребность использовать бортовые комплексы видеонаблюдения [1, 2]. При этом существует необходимость обеспечить оперативное и достоверное получение динамического видеоинформационного ресурса (ДВИР). Соответственно нарушение характеристик оперативности доведения видеoinформации, ее достоверности и конфиденциальности, является сутью потери безопасности государственной информации и снижения эффективности информационного обеспечения систем управления и

объективного контроля. В то же время, система аэромониторинга с использованием бортовых беспилотных комплексов является уязвимой относительно внутренних и внешних условий функционирования. Следовательно, существует угроза потери безопасности дистанционных видеоинформационных ресурсов [2 - 4].

Поэтому в процессе информационной поддержки СУОК с использованием беспилотных летательных средств аэромониторинга (АЭРМ) существует противоречие на этапе обеспечения безопасности ДВИР. С одной стороны существует возможность повысить целостность ДВИР. С другой стороны происходит увеличение достоверности угрозы потери доступности ДВИР в системе АЭРМ с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Значит, можно утверждать, что существует **актуальная научно прикладная проблема**, которая заключается в необходимости повышения безопасности динамического видеоинформационного ресурса аэромониторинга с использованием БПЛА.

Как показал системный анализ, существующие методы не обеспечивают необходимый уровень безопасности ДВИР по категориям целостности и доступности с учетом комплекса уязвимостей процесса информационного обеспечения с использова-

нием беспилотных бортовых средств [2 - 4]. В то же время повышается актуальность и значимость угроз потери безопасности динамического видеoinформационного ресурса по категориям целостности и доступности в условиях аэромониторинга с использованием БПЛА в кризисных ситуациях.

В работе [5] разрабатывается модель оценки информативности обработки динамического видеoinформационного ресурса на основе структурно-комбинаторного подхода относительно сокращения межтрансформантной избыточности в последовательности Р-кадров. Показана перспективность выбранного направления разработки эффективного синтаксического представления видеопотока, в связи с чем требуется разработать метод повышения доступности видеoinформационного потока в условиях закрытия базового кадра для систем управления и объективного контроля стратегическими производствами и профильными ведомственными организациями, что и составляет цель исследований статьи.

### 1. Обоснование направления обработки динамического видеoinформационного ресурса для повышения информационной безопасности с использованием межтрансформантной обработки

Повышение эффективности функционирования систем управления профильными организациями связано с улучшением качества видеoinформационного обеспечения. Такая ситуация характеризуется наличием актуальной проблематики исследований, которая диктуется наличием противоречия. С одной стороны это требование относительно повышения доступности и целостности предоставления видеoinформационного ресурса, что ведет к увеличению их информационной интенсивности. С другой стороны наличие множества уязвимостей обусловленных:

- ограниченными характеристиками инфокоммуникационных технологий, в том числе использующих тракт беспроводной передачи данных. Это становится особенно критичным в случае необходимости реализации видеoinформационного взаимодействия или организации сбора видеoinформации с дистанционных сенсоров;

- действиями злоумышленников;
- антропогенными факторами.

Поэтому *предлагается* развивать технологии кодирования видеoinформационного потока.

Рассмотрим структуру видеопотока. В существующих технологиях обработки видеопотока, бази-

рующихся на платформах MPEG-2, MPEG-4, H264, используется локальный позиционно-дифференцированный принцип обработки в зависимости от типа кадра в потоке, а именно:

1) локальность заключается в том, что технологическая линия обработки применяется к отдельным группам кадров (8; 12, 15, 30 кадров). В этом случае видеопоток делится на локальные подпотоки – группы кадров;

2) обработка кадров, в пределах каждой локальной группы, проводится дифференцировано в зависимости от их позиции. Формула позиционирования кадров в группе задается следующим образом:

$$I1; B2; B3; P4; B5; B6; B7; P8;$$

$$I1; B2; B3; P4; B5; B6; P7; B8; B9; P10; B11; B12.$$

В соответствии с чем, позиционно-дифференцированный принцип состоит в том, что:

- первый кадр в группе является базовым и для него реализуется внутрикадровая обработка. Данный тип кадров является опорным для остальных кадров в группе, и, соответственно, несет основную информационную нагрузку как по информационной интенсивности, так и по качеству реконструкции кадров в группе;

- последующий каждый третий кадр в группе определяется как кадр Р-типа. Для данных кадров устанавливается зависимость относительно базового кадра или предыдущего кадра Р-типа, что задается следующей системой:

$$P(\tau) = \begin{cases} f_P(I), & \rightarrow \tau = 4; \\ f_P(P(\tau-1)), & \rightarrow \tau \geq 7; \end{cases}$$

- остальные кадры (на позициях между базовыми и кадрами Р-типа) идентифицируются как кадры В-типа. Такие кадры обрабатываются с учетом выявления зависимостей по двум кадрам, а именно предыдущему и последующему.

При формировании стандартной видеопоследовательности группы кадров могут составлять либо:

а) фиксированный набор из одного опорного I-кадра и 7, 11, 14 или 29 кадров Р- и В-типа;

б) выбираться адаптивно в зависимости от сложности потока видеок кадров или требований по целостности и доступности. При выборе типа блока также необходимо учитывать три основных условия формирующих работу алгоритма сжатия: битовую скорость, вычислительную способность системы и требуемое качество рассматриваемого кадра. В соответствии с этими условиями выбирается как количество I-, Р-кадров в видеопотоке, так и количество I-, Р-блоков внутри Р-кадра.

Поэтому для дальнейшей модернизации методов обработки видеoinформационного ресурса, необходимо установить тип кадров, имеющий значи-

мое влияние на суммарную интенсивность кодированного потока.

Для этого проведем сравнительную оценку особенностей формирования и обработки всех типов кадров в потоке.

Базовые кадры обрабатываются на основе технологий, учитывающих внутрикадровые закономерности, с минимальным внесением искажений на этапе квантования компонент ДКП. Это приводит к тому, что кадры данного типа имеют наибольшую интенсивность битового потока (рис 1).

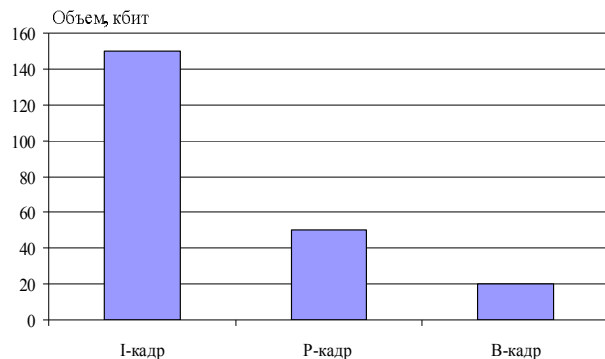


Рис. 1. Соотношение удельной интенсивности для кадров разных типов обработки

Соответственно для видеопотока в условиях передачи малоподвижных сцен (поток кадров невысокой сложности), вес (вклад в суммарную интенсивность группы кадров) каждого P-кадра в потоке в среднем в три раза меньше веса I-кадра.

Однако, если видеотрафик представляет собой поток кадров с динамичными сценами или поток высокой сложности, например, движущихся макроблоков так много, что их предсказание затруднительно, то вес P-кадра приближается к весу ключевого кадра.

Относительно кадров В типа следует отметить, что их обработка осуществляется с внесением наибольших искажений. Это приводит с одной стороны к снижению их веса в группе кадров, а с другой - к внесению наибольших потерь целостности динамического видеoinформационного ресурса. Поэтому в ведомственных системах использование кадров В типа ограничено.

В этом случае видеопоследовательность будет преимущественно состоять из кадров Р типа. Поэтому, несмотря на то, что наибольшую интенсивность в битах имеют опорные I-кадры (рис. 1), но в итоге наибольшее влияние на суммарную интенсивность битового потока передаваемого трафика оказывают слоты P-кадров. Это отражено на рис. 2.

Значит, можно заключить, что с учетом количества кадров Р типа в группе их интенсивность в битах оказывает существенное влияние на суммар-

ную интенсивность группы кадров.

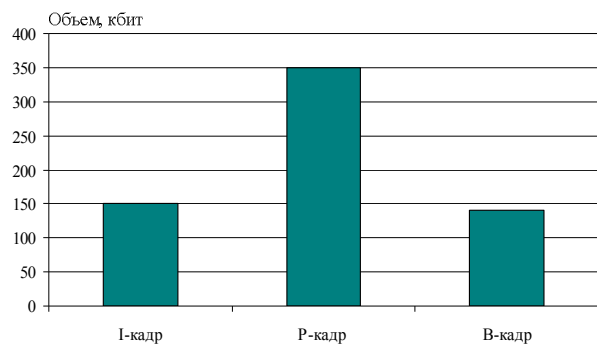


Рис. 2. Соотношение интенсивности в битах для кадров разных типов в группе кадра (GOP)

Значит можно заключить, что с учетом количества кадров Р типа в группе их интенсивность в битах оказывает существенное влияние на суммарную интенсивность группы кадров. При этом в процессе обработки последовательности P-кадров существует потенциал для сокращения большего количества избыточности. В то время как в процессе обработки кадров I типа допускается устранять ограниченное количество избыточности. Это обусловлено тем, что ключевые (базовые) кадры являются определяющими для установления требуемого уровня целостности потока кадров. Отсюда ограничены возможности по снижению степени их интенсивности в битах.

С другой стороны в системах обеспечения необходимого уровня конфиденциальности динамического видеoinформационного ресурса, базирующихся на селективных подходах, именно базовые кадры подлежат закрытию (шифрованию). Это приводит к тому, что степень их компрессионного представления стремится к единице, т.е. интенсивности в битах исходного и закрытого базового кадра отличаются незначительно.

В связи с чем, для снижения интенсивности в битах потока группы кадров, в условиях их закрытия с использованием селективных подходов, предлагается создавать новые методы и технологии обработки слотов P-кадров.

## 2. Модель представления последовательности P-кадров для устранения межтрансформантной избыточности

Для повышения эффективности формирования и обработки кадров Р типа *предлагается* осуществлять предварительно трансформирование видеокadra из пространственно-временного в пространственно-спектральное описание. После получения

трансформант двумерного преобразования, проводится построение дифференциального представления на основе формирования величин разностей между соответствующими компонентами по позициям в кадрах, в результате чего группа  $Y_T$  трансформированных кадров заменяется на совокупность, состоящую из одного базового трансформированного кадра  $Y(1)$  и последовательности  $E_{T-1}$  дифференциально-представленных трансформированных кадров  $E(\tau)$ ,  $\tau = \overline{2, T}$ , т.е.  $Y_T \rightarrow \{Y(1); E_{T-1}\}$ . В данной формуле составляющая  $E_{T-1}$  представляет собой последовательность, длиной  $(T-1)$  кадр, и записывается как  $E_{T-1} = \{E(2), \dots, E(T)\}$ . Здесь каждый дифференциально-описанный трансформированный (ДОТ) кадр  $E(\tau)$  образуется по совокупности двумерных массивов  $E(\tau)_{\chi, \gamma}$  размером  $w \times w$  элементов. При этом срез по  $\tau$  составляющей в последовательности ДОТ кадров образует слот ДОТ кадров, состоящий из последовательности двумерных массивов  $E(\tau)_{\chi, \gamma}$  для  $\tau = \overline{2, T}$ . Слот  $E(T-1)_{\chi, \gamma}^{(2)}$  ДОТ кадров представляется следующим выражением:

$$E(T-1)_{\chi, \gamma}^{(2)} = \{E(2)_{\chi, \gamma}, \dots, E(\tau)_{\chi, \gamma}, \dots, E(T)_{\chi, \gamma}\},$$

где  $E(T-1)_{\chi, \gamma}^{(2)}$  - последовательность (слот) двумерных массивов с координатами  $(\chi; \gamma)$  в ДОТ кадрах, длиной  $(T-1)$ .

Слот  $E(T-1)_{\chi, \gamma}^{(2)}$  фактически представляет собой сквозную квадратную трубу, вырезанную вдоль последовательности ДОТ кадров на позиции  $(\chi; \gamma)$ , в каждом сечении которого находится двумерный массив  $E(\tau)_{\chi, \gamma}$  дифференциального описания трансформированного кадра.

Далее *предлагается* обработку Р-кадров проводить в межтрансформантном направлении по временной оси по слотам. Для чего предлагается провести выявление структурных свойств слотов Р-кадров с учетом наличия структурных особенностей дифференциально-описанных трансформант. При этом для повышения чувствительности выявления закономерностей относительно динамического изменения содержания слотов предлагается ввести такую структурную единицу как дифференциально-описанная спектрограмма  $E^{(k, \ell)}$ .

Дифференциально-описанная спектрограмма (ДОС)  $E^{(k, \ell)}$  представляет собой срез вдоль слота по координате  $(k; \ell)$  в каждой трансформанте, т.е.  $E^{(k, \ell)} = \{e(2)^{(k, \ell)}, \dots, e(\tau)^{(k, \ell)}, \dots, e(T)^{(k, \ell)}\}$ . Струк-

турной характеристикой ДОС является динамический диапазон  $d_e^{(k, \ell)}$  ее элементов. Поскольку в общем случае межтрансформантные разности  $e(\tau)^{(k, \ell)}$  принимают как положительные, так и отрицательные значения, то величина  $d_e^{(k, \ell)}$  без учета знака находится по формуле  $d_e^{(k, \ell)} = \max_{2 \leq \tau \leq T} \{|e(\tau)^{(k, \ell)}|\}$ , где  $d_e^{(k, \ell)}$  - динамический диапазон элементов  $(k; \ell)$ -й дифференциально-описанной спектрограммы без учета знака величин  $e(\tau)^{(k, \ell)}$ ;  $|e(\tau)^{(k, \ell)}|$  - абсолютное значение межтрансформантной разности между  $(\tau-1)$ -й и  $\tau$ -й трансформантами.

### 3. Разработка метода повышения доступности закрытого видеотрансмиссионного потока

Для формирования эффективного синтаксического представления ДОС по структурно-комбинаторному принципу *предлагается* разрабатывать *направление*, базирующееся на дополнительном выявлении закономерностей, основанных на учете [5]:

1) психовизуальных особенностей восприятия незначительных изменений в последовательности кадров. В данном случае предлагается дополнительно устранять психовизуальную избыточность в направлении временной оси. Для этого предлагается использовать технологию, базирующуюся на коррекции элементов ДОС под особенности модели зрительного восприятия;

2) локально-структурных свойств для дифференциально-описанных спектрограмм в направлении временной оси. Здесь предлагается дополнительно сокращать структурную и статистическую избыточность, обусловленную учетом дополнительных ограничений на динамический диапазон ДОС на локальном уровне описания.

Рассмотрим *первое направление* развития структурно-комбинаторного подхода для создания эффективного синтаксического представления последовательности Р-кадров.

Данный вариант основывается на возможности межкадровой интерполяции элементов внутри ДОС за счет свойств функционала  $F(E^{(k, \ell)})_{\text{арг}}$ .

Суть интерполяции элементов ДОС состоит в выборе участков ДОС, элементы которых будут восстанавливаться с использованием информации об элементах, чьи значения сохраняются (обрабатываются) без коррекции.

Элементы  $e(\tau)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}$  первого типа являются опорными и образуют информативную дифференциально-описанную спектрограмму (ИДОС)  $E_{\text{inf}}^{(k,\ell)}$ , т.е.

$$E_{\text{inf}}^{(k,\ell)} = \{e(1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, \dots, e(\tau)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, \dots, e(n_{\text{inf}})_{\text{inf}}^{(k,\ell)}\}.$$

В данной формуле  $n_{\text{inf}}$  - количество информативных элементов в ИДОС.

Информативная ДОС обрабатывается без коррекций ее элементов.

Соответственно второй тип образуют элементы  $e(\tau)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}$ , значения которых на приемной стороне будут интерполироваться по информативным.

Рассмотрим **второе направление** совершенствования структурно-комбинаторного подхода для создания эффективного синтаксического представления последовательности Р-кадров.

Второй вариант базируется на дополнительном выявлении закономерностей, основанных на учете локально-структурных свойств дифференциально-описанной спектрограммы для последовательности смежных видеокадров. Данное свойство заключается в наличии закономерности относительно ограниченного значения градиента между значениями соседних элементов ДОС.

Величина градиента  $g(\tau)^{(k,\ell)}$  между информативными элементами ДОС задается следующей формулой:

$$g(\tau)^{(k,\ell)} = |e(\tau+1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)} - e(\tau)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}|,$$

где  $e(\tau)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}$ ,  $e(\tau+1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}$  - информативные элементы  $(k; \ell)$ -й интерполированной ДОС соответственно расположенных в ней на  $\tau$ -й и  $(\tau+1)$ -й позициях;

$g(\tau)^{(k,\ell)}$  - отклонение (градиент) между значениями  $(k; \ell)$ -й ДОС для  $\tau$ -й и  $(\tau+1)$ -й трансформант.

По результатам такой обработки для всех информативных элементов интерполируемой  $(k; \ell)$ -й ДОС, т.е.  $\tau = \overline{1, n_{\text{inf}}}$  формируется вектор градиента  $G^{(k,\ell)}$ . Это задается следующим соотношением:  $G^{(k,\ell)} = \{g(1)^{(k,\ell)}, \dots, g(\tau)^{(k,\ell)}, \dots, g(n_{\text{inf}}-1)^{(k,\ell)}\}$ , где  $n_{\text{inf}}$  - количество информативных элементов в ИДОС.

Для вектора  $G^{(k,\ell)}$  градиента информативной ДОС формировать такую характеристику как величина  $g(\max)^{(k,\ell)}$  динамического диапазона его компонент. Величина  $g(\max)^{(k,\ell)}$  находится по

формуле

$$0 \leq g(\tau)^{(k,\ell)} \leq g(\max)^{(k,\ell)}.$$

Здесь  $g(\max)^{(k,\ell)}$  определяется как  $g(\max)^{(k,\ell)} = \max_{1 \leq \tau \leq n_{\text{inf}}} \{g(\tau)^{(k,\ell)}\}$ .

Данная формула учитывает в процессе определения обобщенного градиентного ограничения только информативные элементы. Это позволяет сузить величину разброса между компонентами ДОС, т.е. уменьшить значение градиентного ограничения. В связи с чем, в дальнейшем предлагается использовать сокращенное описание градиентного пространства. Тогда для информативных элементов ДОС будут выполняться ограничения, заданные следующей системой соотношений:

$$\begin{aligned} e(\tau)_{\text{inf}}^{(k,\ell)} - g(\max)^{(k,\ell)} &\leq e(\tau+1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)} \leq \\ &\leq e(\tau)_{\text{inf}}^{(k,\ell)} + g(\max)^{(k,\ell)}, \\ \tau &= \overline{1, n_{\text{inf}}}. \end{aligned} \quad (1)$$

Величина обобщенного градиентного ограничения  $g(\max)^{(k,\ell)}$  вычисляется для каждой информативной дифференциально-описанной спектрограммы. Это обеспечивает адаптивную подстройку характеристики градиентного пространства под особенности локально-структурных закономерностей межтрансформантных последовательностей (слов) на каждой частотной составляющей.

Формировать эффективное синтаксическое представление ДОС предлагается с учетом ее интерпретации как позиционного числа. В связи с чем, требуется установить правило генерирования индексов (индексирование). Индексирование последовательностей  $E(\chi; \gamma)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}$  **предлагается** задавать следующим образом

$$\begin{aligned} Q(E(\chi; \gamma)_{\text{inf}}^{(k,\ell)})_e &= C(E(\chi; \gamma)_{\text{inf}}^{(k,\ell)})_e = \\ &= \sum_{\tau=1}^{n_{\text{inf}}} \sum_{\eta=e_{\text{min}}^{(k,\ell)}}^{e(\tau)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}-1} Q(e(1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, e(2)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, \dots, e(\tau-1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, \eta), \end{aligned} \quad (4)$$

где  $C(E(\chi; \gamma)_{\text{inf}}^{(k,\ell)})_e$  - индекс последовательности  $E(\chi; \gamma)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}$  во множестве допустимых информативных ДОС с учетом выявленного градиентного пространства;

$Q(e(1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, e(2)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, \dots, e(\tau-1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, \eta)$  - количество информативных дифференциально-описанных спектрограмм, у которых первые  $\tau$  информативных элементов равны соответственно  $(e(1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, e(2)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, \dots, e(\tau-1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, \eta)$ .

Соотношение (4) позволяет провести индексацию информативных ДОС с учетом количества допустимых последовательностей в сформированном градиентном пространстве, которое образуется для разного количества информативных элементов.

Теперь рассмотрим процесс градиентной нормализации. Данный процесс заключается в сдвиге отрицательной области значений информативного элемента  $e(\tau)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}$  в положительном направлении симметрично относительно нулевого уровня.

Тогда образуются величины  $\bar{e}(\tau)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}$ , равные  $\bar{e}(\tau)_{\text{inf}}^{(k,\ell)} = (e(\tau+1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)} - e(\tau)_{\text{inf}}^{(k,\ell)} + g(\max)^{(k,\ell)})$ .

Откуда замечаем, что величины  $\bar{e}(\tau)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}$  принимают положительные значения в диапазоне  $0 \leq \bar{e}(\tau)_{\text{inf}}^{(k,\ell)} \leq 2g(\max)^{(k,\ell)}$ . Соответственно, информативная ДОС  $E(\chi; \gamma)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}$  после градиентной нормализации представляется нормированной последовательностью  $\bar{E}(\chi; \gamma)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}$ , т.е.  $\bar{E}(\chi; \gamma)_{\text{inf}}^{(k,\ell)} = \{\bar{e}(\tau)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}\}$ ,  $\tau = \overline{1, n_{\text{inf}}}$ .

Рассмотрим процесс разработки эффективного синтаксического представления нормированной информативной ДОС  $\bar{E}(\chi; \gamma)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}$  с учетом сформулированного правила индексирования.

Для этого заметим, что количество  $Q(\bar{e}(1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, \bar{e}(2)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, \dots, \bar{e}(\tau-1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)})$  нормированных информативных ДОС, у которых первые  $\tau$  информативных элементов равны соответственно  $(\bar{e}(1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, \bar{e}(2)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, \dots, \bar{e}(\tau-1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)})$ , а оставшиеся  $(n_{\text{inf}} - \tau)$  информативных элементов принимают значения согласно системе (2), находится по определению в соответствии с выражением (3). Откуда, получим следующее выражение

$$Q(\bar{e}(1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, \bar{e}(2)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, \dots, \bar{e}(\tau-1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}) = (2g(\max)^{(k,\ell)} + 1)^{n_{\text{inf}} - \tau}.$$

После чего, проведя суммирование по всем  $\tau$ , где  $\tau = \overline{1, n_{\text{inf}}}$ , получим

$$\begin{aligned} C(\bar{E}(\chi; \gamma)_{\text{inf}}^{(k,\ell)})_e &= \\ &= \sum_{\tau=1}^{n_{\text{inf}}} \bar{e}(\tau)_{\text{inf}}^{(k,\ell)} Q(\bar{e}(1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, \bar{e}(2)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}, \dots, \bar{e}(\tau-1)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}) = \\ &= \sum_{\tau=1}^{n_{\text{inf}}} \bar{e}(\tau)_{\text{inf}}^{(k,\ell)} (2g(\max)^{(k,\ell)} + 1)^{n_{\text{inf}} - \tau}. \end{aligned}$$

Данное соотношение обеспечивает формирование кодового значения  $C(\bar{E}(\chi; \gamma)_{\text{inf}}^{(k,\ell)})_e$  эффективно-

го синтаксического представления для нормированной информативной ДОС  $\bar{E}(\chi; \gamma)_{\text{inf}}^{(k,\ell)}$ , элементы которой удовлетворяют системе ограничений (2), а их количество равно  $n_{\text{inf}}$ .

По изложенному материалу можно сделать такие заключения:

1) создано правило индексирования информативных ДОС с учетом количества допустимых последовательностей в сформированном градиентном пространстве, которое образуется для разного количества информативных элементов;

2) разработано эффективное кодирование нормированной информативной дифференциально-описанной spectroграммы в двухкомпонентном градиентном пространстве структурно-локальных ограничений для повышения безопасности динамических ВИР.

## Заключение

1. Обоснован и разработан подход для повышения доступности и целостности динамических видеoinформационных ресурсов в условиях обеспечения их конфиденциальности обеспечивающийся с использованием селективных методов. При этом учитывается то, что в процессе селективной обработки видеопотоков:

- закрытию подлежат базовые кадры. Это приводит к тому, что степень их компрессионного представления стремится к единице;

- наибольшее влияние на повышение битовой интенсивности (снижение доступности ДВИР) и потери целостности оказывают последовательности Р-кадров.

2. Обоснован и построен подход для эффективного синтаксического описания дифференциально-описанных spectroграмм, являющихся составляющими слотов Р-кадров, на основе структурно-комбинаторного представления. Здесь учитываются два направления, а именно связанные с учетом:

1) психовизуальных особенностей восприятия незначительных изменений в последовательности кадров. В данном случае дополнительно устраняется психовизуальная избыточность в направлении временной оси. Для этого используется технология, базирующаяся на коррекции элементов ДОС под особенности модели зрительного восприятия путем интерполяции элементов ДОС.

2) локально-структурных свойств для дифференциально-описанных spectroграмм в направлении временной оси. Здесь дополнительно сокращается структурная и статистическая избыточность, обусловленная учетом дополнительных ограничений на динамический диапазон ДОС на локальном

уровне описания.

Разработано эффективное кодирование нормированной информативной дифференциально-описанной спектрограммы в двухкомпонентном градиентном пространстве структурно-локальных ограничений для повышения безопасности динамических ВИР, учитывающее: выявление структурно-локальных закономерностей по результату анализа всех элементов ДООС; ограниченные значения динамических диапазонов элементов ДООС в соответствии с закономерностями двухкомпонентного градиентного пространства; то, что длина информативной дифференциально-описанной спектрограммы устанавливается заранее до начала процесса обработки; необходимость восстановления информативных элементов ДООС без потери целостности; рассмотрение информативной ДООС как позиционного числа с весовыми коэффициентами, вычисляемыми с использованием ограничений градиентного пространства; исключение дополнительной (избыточной) служебной информации о знаках элементов ДООС путем процесса градиентной нормализации.

### Литература

1. Андреев, А. Применение видеоконференцсвязи в Вооружённых силах иностранных государств [Текст] / А. Андреев, В. Аржанов, К. Семёнов // *Зарубежное военное обозрение*. – 2008. – № 7. – С. 19–25.
2. Баранник, В. В. Метод повышения информационной безопасности в системах видеомониторинга кризисных ситуаций [Текст] : моногр. / В. В. Баранник, Ю. Н. Рябуха, О. С. Кулица. – Черкассы, 2015. – 143 с.
3. Обоснование значимых угроз безопасности видеоинформационного ресурса систем видеоконференцсвязи профильных систем управления [Текст] / В. В. Баранник, А. В. Власов, С. А. Сидченко, А. Э. Бекиров // *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. – 2014. – № 3 (106). – С. 69–77.
4. Баранник, В. В. Селективний метод шифрування відеопотоку в телекомунікаційних системах на основі приховування базового I-кадру [Текст] /

В. В. Баранник, Д. І. Комолов, Ю. М. Рябуха // *Наукоємні технології*. – 2015. – № 2. – С. 179–187.

5. Баранник, В. В. Модель оценки информативности слота P-кадров на основе выявления структурно-градиентных межтрансформантных ограничений [Текст] / В. В. Баранник, С. С. Шульгин // *АСУ и приборы автоматизи.* – 2016. – № 172. – С. 12-21.

### References

1. Andreev, A., Arzhanov, B., Semjonov K. Primenenie videokonferencsvyazi` v Vooruzhennykh silah inostrannykh gosudarstv. [The use of videoconferencing in the armed forces of foreign states]. *Foreign Military Review*, 2008, no. 7, pp. 19–25.
2. Barannik, V. V., Ryabuha, Yu. N., Kulicza, O. S. Metod povisheniya informacionnoj bezopasnosti v sistemah videomonitoringa krizisnykh situacuj. [A method for increasing the information security systems videomonitoring crisis situations]. Cherkasy, 2015. 143 p.
3. Barannik, V. V., Vlasov, A. V. Obosnovanie znachimykh ugroz bezopasnosti videoinformacionnogo resursa sistem videokonferencsvyazi profil'nykh sistem upravlenija [The foundation of significant safety hazards to video informational resource of video teleconferencing systems of core control systems]. *Informatsiyno-keruyuchi systemy na zaliznychnomu transporti – Control systems for railway transport*, 2014, no. 3, pp. 69–77.
4. Barannik, V. V., Komolov, D. I., Ryabuha, Yu. M. Selektivni`j metod shifruvannya videopotoku v telekomunikacijnykh sistemah na osnovi prikhovuvannya bazovogo I-kadru [Selective encryption of video in telecommunication systems based on base harboring I-frame]. *Naukoyemni tekhnolohiyi – Science-based technologies*, 2015, no. 2, pp. 179–187.
5. Barannyik, V. V., Shulgin, S. S. Model` ocenki informativnosti slota P-kadrov na osnovе viyavleniya strukturno-gradientnykh mezhttransformantnykh ograniichenij. [Model for estimating informative slot P-frames, based on identifying structurally graded intertransformantnyh restrictions]. *ASU i pribory avtomatiki – ACS and automation devices*, 2016, no. 172, pp. 12-21.

Поступила в редакцію 10.02.2015, рассмотрена на редколлегии 14.04.2016

### МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ДОСТУПНОСТІ ЗАКРИТОГО ВІДЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ПОТОКУ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТА ОБ'ЄКТИВНОГО КОНТРОЛЮ ВІДОМЧИХ ОРГАНІЗАЦІЙ

В. В. Баранник, С. С. Шульгін

Зображено, що для підвищення доступності та цілісності динамічного відеоінформаційного ресурсу в системі управління об'єктивного контролю для інфокомунікаційних систем необхідно використовувати технології ефективного синтаксичного представлення на основі обробки послідовності передбачених кадрів в

умовах забезпечення їх конфіденційності, що забезпечується з використанням селективних методів. Обґрунтовано, а також побудовано підхід для ефективного синтаксичного опису диференційно-описаних спектрограм (ДОО), що є складовими слотів Р-кадрів, на основі структурно-комбінаторного уявлення. Викладено основні етапи розробки ефективного кодування нормованої інформативної диференційно-описаної спектрограми в двокомпонентному градієнтному просторі структурно-локальних обмежень, яке враховує: виявлення структурно-локальних закономірностей по результату аналізу всіх елементів ДОО; те, що довжина інформативної диференційно-описаної спектрограми встановлюється раніше до початку процесу обробки; необхідність відновлення інформативних елементів ДОО без втрати цілісності.

**Ключові слова:** безпека динамічних відеоресурсів, кодування слотів передбачених кадрів, диференційно-описана спектрограма, локально-структурні обмеження.

**METHOD OF INCREASE OF AVAILABILITY OF THE CLOSED VIDEO  
INFORMATION STREAM FOR CONTROL SYSTEMS AND OBJECTIVE CONTROL  
OF THE DEPARTMENTAL ORGANIZATIONS**

*V. V. Barannik, S. S. Shulgin*

Is shown that for increase of availability and integrity of a dynamic video information resource in a control system of objective control for infocommunication systems it is necessary to use technologies of effective syntactic representation on the basis of processing of sequence of the predicted shots in the conditions of ensuring their confidentiality provided with use of selective methods. Approach for the effective syntactic description of the differential described spectrograms (DDS), which are components of slots of P-frames on the basis of structural and combinatorial representation is reasonable and constructed. The main development stages of effective coding of the rated informative differential described spectrogram in two-component gradient space of structural and local restrictions, considering are stated: detection of structural and local regularities by result of the analysis of all DDS elements; the fact that length of the informative differential described spectrogram is established prior to process processing in advance; need of restoration of the DDS informative elements without integrity loss.

**Keywords:** safety of dynamic video resources, coding of slots of the predicted frames, the differential described spectrogram, local and structural restrictions

**Баранник Владимир Викторович** – д-р техн. наук, начальник кафедры боевого применения и эксплуатации АСУ, Харьковский университет Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба, Харьков, Украина, e-mail: barannik\_v\_v@mail.ru.

**Шульгин Сергей Сергеевич** – соискатель, Национальный авиационный университет, Киев, Украина, e-mail: barannik\_v\_v@mail.ru.

**Barannik Vladimir Victorovich** – Doctor of Technical Sciences, Chief of Department of Battle Application and Exploitation ACS, Kharkov University of Air Force, Kharkov, Ukraine, e-mail: barannik\_v\_v@mail.ru.

**Shulgin Sergey Sergeevich** – Competitor, National Aviation University, Kiev, Ukraine, e-mail: barannik\_v\_v@mail.ru.