

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБРАБОТКИ ДИНАМИЧЕСКОГО ВИДЕОРЕСУРСА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДИСТАНЦИОННОГО ВИДЕОСЕРВИСА

ТАРАСЕНКО Д.А.

Обосновывается, что для повышения эффективности управления ведомственными организациями и профильными министерствами, в том числе в кризисных условиях, возрастает роль и значимость дистанционных видеoinформационных сервисов с использованием аэромобильных платформ. Доказывается наличие дисбаланса между требованиями пользователей относительно качества предоставляемого динамического видеоресурса и недостаточными возможностями аэромобильных платформ относительно производительности аппаратуры обработки и передачи информации.

Ключевые слова: динамический видеоресурс, кодирование видеопотока, дистанционный видеосервис, кадр Р-типа

Keywords: dynamic video resource, video stream encoding, remote video service, P-frame.

1. Введение

Экономический рост, социальное благополучие населения и национальная безопасность государства определяется уровнем развития наукоемких технологий, включая информационные технологии информационного предоставления видеoinформационных сервисов [1-10].

В этом случае источниками информации (сенсоры) в зависимости от своего базирования могут быть источники наземного и аэрокосмического базирования. При этом за последнее время ключевым технологическим фундаментом информационного обеспечения и поддержки принятия решений становится видеoinформация или видеoinформационные ресурсы.

В рамках категории общегосударственного значения важность видеoinформационных сервисов подчеркивается необходимостью обеспечить безопасность и повысить качество функционирования и управления [5 - 10]:

- 1) стратегическими объектами, в первую очередь теми, которые относятся к объектам критической инфраструктуры: атомные и гидроэлектростанции; нефтехимические производства, металлургические предприятия, нефтегазовая транспортная система;
- 2) мероприятиями международного значения;
- 3) локализацией и ликвидацией кризисных ситуаций естественного и техногенного характеров: наводнения; пожары лесных массивов; взрывоопасные ситуации на арсеналах вооружения и военной техники.

Развитию видеoinформационного взаимодействия способствует повышение качества, рост производительности и доступность персональных информационных технологий, к числу которых относятся беспроводные мобильные терминалы. Это объясняет необходимость усовершенствования видеoinформационных сервисов как для мобильных пользователей, так и для стационарных абонентов с использованием существующих и перспективных беспроводных инфокоммуникационных технологий. Данный аспект составляет научно-прикладную задачу исследований.

2. Оценка дисбаланса в процессе организации дистанционных видеосервисов

В процессе предоставления видеосервисов в интересах профильных организаций, в том числе в процессе функционирования в условиях кризисных ситуаций, необходимо учитывать такие факторы:

- 1) требование относительно получения информации одновременно с больших по масштабу территорий;
- 2) наличие труднодоступных для наземного транспорта территорий, в том числе горных и лесных массивов, морских и речных акваторий;
- 3) наличие быстрого распространения кризисных ситуаций на значительные территории.

В связи с этим, организация предоставления видеосервисов в интересах профильных организаций должна использовать дистанционные сенсорные платформы как наземного, так и аэрокосмического базирования.

При этом актуальным является направление, основанное на использовании дистанционных бортовых платформ (комплексов) воздушного базирования (аэромобильных платформ) [11 – 19]. Аэромобильные платформы строятся с использованием воздушных средств: беспилотные летательные аппараты, пилотируемая авиация, включая самолеты и вертолеты.

Это обосновывается наличием целого ряда преимуществ мониторинга на основе аэромобильных платформ по сравнению с платформами космического сегмента, а именно: снижением финансовых затрат; возможностью оперативного управления летательным аппаратом либо дистанционно (беспилотники), либо пилотируемо (вертолеты); возможностью быстрого обновления информации о контролируемых объектах (не требуется ждать, пока будет сделан оборот спутника).

Видеoinформационные сервисы на основе дистанционных аэромобильных платформ обеспечи-

вают пользователей двумя основными типами видеoinформации:

- 1) статический видеоресурс, включающий аэрофотоснимки таких классов как: панорамные, наблюдательные, объективного контроля;
- 2) динамический видеоресурс, представляющий собой поток видеокадров.

Динамический видеоресурс является основным типом информации, которая предоставляется видеoinформационными сервисами для пользователей, включая видеоконференцсвязь, цифровое ТВ высокого качества, видеомониторинг местности, телемедицина, охранное видео, виртуальная реальность, техническое зрение.

Анализ информации указывает на развитие видеoinформационных сервисов, предоставляющих интеллектализированные услуги в реальном времени. При этом повышается спрос на динамическое видео – информационный видеопоток.

Динамический видеоресурс (видеопоток) характеризуется двумя типами разрешающей способности:

- 1) структурное разрешение;
- 2) семантическое разрешение.

Структурная разрешающая способность видеопотока определяется такими параметрами как: количество кадров, генерируемых сенсорной системой в единицу времени (частота кадров) – разрешение по времени; количество строк и столбцов в кадре – внутрикадровая разрешающая способность по строкам и столбцам (размерность кадра); количество бит, используемых для оцифровки значения пикселя (отдельного элемента видеокадра) – пиксельное разрешение.

Семантическая разрешающая способность видеопотока определяется типом задач распознавания, решение которых необходимо обеспечить с использованием видеoinформационного сервиса. Семантическая разрешающая способность определяется параметром детальности видеокадров. Требуемая разрешающая способность видеокадров для видеопотока в интересах профильных министерств определяется из условия обеспечения необходимого уровня детализации, влияющего на процесс распознавания типового объекта контроля или объекта визуализации, например, для систем технического зрения. Оценка уровня детализации или характерной детальности на объект визуализации с учетом уровня распознавания типового объекта определяется на основе эмпирического подхода с использованием методики «миры», или по заданным табличным значениям.

Обобщающими характеристиками видеопотока являются информационная интенсивность в условиях заданного уровня целостности и семантическая разрешающая способность. Информационная интенсивность для заданной детализации с учетом трехцветной модели цифрового кадра определяется как суммарное количество бит, формируемое видеосенсором за единицу времени.

Системной проблемой организации дистанционных видеосервисов является то, что существуют значительные временные задержки, которые резко увеличиваются в случае передачи динамического видеоресурса (видеопотока) в реальном времени.

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

- вероятность потери пакетов на узле доступа из-за переполнения буферной памяти;
- загрузку узла доступа, показывающую задействованную вычислительную способность узла доступа при обработке принятых пакетов;
- пропускную способность, которая отражает объем данных, переданных сетью в единицу времени;
- задержку от источника до получателя, которая 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.

Поэтому разработка методологических аспектов обработки динамического видеоресурса для повышения качества дистанционного видеосервиса является целью исследований данной статьи.

3. Разработка методологических аспектов обработки динамического видеоресурса

Эффективность функционирования информационных технологий ИТОПК в системах предоставления дистанционных видеoinформационных сервисов с использованием аэромобильных средств обеспечивает:

- 1) снижение вероятности потери пакетов и временной задержки на доставку видеопотока с за-

данным уровнем детализации ρ_0 объектов интереса;

2) повышение уровня информативности потока кадров и качества видеозображений;

3) повышение времени, предоставляемого для анализа и принятия решений ЛПР (оператором, диспетчером);

4) создание условий для повышения качества автоматизированного анализа и идентификации объектов для динамических видеоресурсов, т.е. создаются условия для роста уровня интеллектуализации видеоинформационных сервисов;

5) уменьшение требований относительно производительности бортовых инфокоммуникационных технологий, что создает условия для повышения уровня энергоэффективности использования бортовых беспилотных комплексов (рост сеанса связи, увеличение рабочего времени для мониторинга);

6) создание условия для одновременной передачи информации, полученной от других бортовых сенсоров (радиолокационных, инфракрасных);

7) снижение риска потери беспилотного бортового комплекса.

Современные стандартизированные информационные технологии обработки и передачи кадров строятся на основе использования MPEG-платформ и технологий семейства H26x, включая технологии H264, H265. Основное назначение таких технологий состоит в снижении информационной интенсивности $V(\rho_0)_t$ динамических видеоресурсов с заданной детализацией ρ_0 объектов интереса в условиях обеспечения компромиссных решений относительно целостности информации. Для этого стандартизированные ИТОПК используют концепцию классификации кадров в локальных группах в зависимости от обеспечения весовой составляющей в суммарный баланс между интенсивностью $V(\rho_0; t)_k$ кодированного видеопотока и целостностью информации.

В общем случае здесь дифференцируются три весовые составляющие.

Первая 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. Относительно базового кадра напрямую или опосредовано формируются кодовые представления остальных кадров в группе – кадры P-типа и B-типа.

Количество v_{grp} кадров в группе согласно стандартизированным спецификациям выбирается

равным 8 или 12. При этом количество $v(P)$ кадров P-типа и количество $v(B)$ кадров B-типа принимается соответственно порядка 30 – 40 % и 60 – 70 % от общего количества кадров в группе.

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;

– регулирования их количества $v(P)$ в группе.

В этом случае весовая составляющая $V(P)_k$, приходящаяся на один кадр P-типа в группе, имеет промежуточный уровень между весовой составляющей $V(I)_k$ базового кадра и $V(P)_k$ кадра B-типа.

Третья весовая составляющая формируется кадрами B-типа. Данные кадры определяются в результате двунаправленного предсказания относительно смежных кадров P-типа и B-типа. Количество кадров B-типа позволяет управлять снижением интенсивности $V(\rho_0; t)_k$ суммарного кодированного видеопотока в зависимости от изменений пропускной способности бортовых телекоммуникационных технологий. Увеличение количества кадров B-типа объясняется снижением времени обработки всей группы кадров и уменьшением интенсивности видеопотока. В то же время 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).

В общем случае информационная интенсивность $V(\rho_0; t)_k$ кодированного видеопотока за время t

через усредненную интенсивность $V_{grp}^{(v_{grp})}$ группы кадров определяется по следующей формуле:

$$V(\rho_0; t)_k = \frac{v_t}{v_{grp}} V_{grp}^{(v_{grp})} \text{ (бит)}. \quad (1)$$

Здесь величина $\frac{v_t}{v_{grp}}$ определяет количество групп в видеопотока за время t .

Соответственно информационная интенсивность $V_{\text{grp}}^{(\text{vgrp})}$ видеопотока, приходящаяся на группу кадров, определяется с помощью такого выражения:

$$V_{\text{grp}}^{(\text{vgrp})} = V(I)_k + v(P) V(P)_k + v(B) V(B)_k. \quad (2)$$

Понятно, что от степени снижения информационной интенсивности кадра и временных затрат на обработку будет зависеть уровень вносимых искажений в его синтаксическое и семантическое содержание. Значит, величина пикового отношения сигнал/шум будет также иметь дифференцированные значения в зависимости от типа кадра в группе.

Для обеспечения требуемого уровня целостности динамического видеоресурса для каждого типа кадра в зависимости от его роли в общем процессе сохранения информации существует определенный уровень ПОСШ. На выбор минимально допустимого уровня ПОСШ каждого типа кадра группы влияют такие факторы:

- степень воздействия кадра на процесс восстановления других кадров, т.е. уровень информационной взаимосвязи с другими кадрами;
- класс и глубина задач по идентификации и анализу объектов аэромобильного мониторинга, т.е. степень сохранения исходной детализации объектов на видеокадре;
- уровень автоматизации процесса дешифрирования объектов для динамического видеоресурса;
- требования по оперативности обработки и анализа информации для принятия решений;
- стратегия обеспечения баланса между интенсивностью видеопотока и его целостностью с учетом характеристик производительности инфокоммуникационных технологий, базирующихся на бортовом беспилотном комплексе дистанционного мониторинга.

Чем выше степень информационного влияния типа кадра в процессе сохранения целостности информации для реконструкции других кадров, тем выше минимально допустимый уровень ПОСШ. Отсюда наибольший уровень ПОСШ необходимо обеспечить для базового кадра. Соответственно для кадра Р-типа требуется обеспечить наибольшее снижение информационной интенсивности при заданном уровне ПОСШ.

Для потока видеокадров с высоким структурным и семантическим разрешением, чтобы обеспечить своевременную доставку с использованием перспективных беспроводных инфокоммуникационных технологий с пропускной способностью не ниже 100 Мбит/с, в условиях ПОСШ на уровне не

ниже 30 дБ, необходимо величину информационной интенсивности дополнительно снизить как минимум от 1,7 до 3,5 раза.

4. Обоснование базовых компонент внутрикадрового синтаксического кодирования видеопотока для информационных технологий обработки и передачи информации

Совершенствование информационных технологий обработки и передачи потока кадров (ИТОПК) предлагается осуществлять в направлении повышения эффективности кодирования последовательности кадров Р-типа.

Особенность кадров Р-типа заключается в том, что они содержат изменения относительно предыдущего I- или Р-кадра. В зависимости от кодировщика выделяются Р-кадры либо с фиксированной частотой (чтобы каждый I- или Р-кадр был окружен двумя В-кадрами, например, IBWBWBWBWBWB...), либо автоматически (по сложности видеоряда). В число всех макроблоков для ДКП в этих кадрах входит небольшое количество независимых (неподдающихся предсказанию) блоков. Основную же часть кадра составляют предсказанные макроблоки. При воспроизведении, чтобы восстановить кадр Р-типа, необходимо восстановить все предшествующие ему кадры данного типа и ближайший предшествующий базовый кадр (кадр I-типа). В последствии результат кодирования каждого кадра Р-типа подвергается обработке методами статистического компрессионного кодирования и вставляется в поток отдельно от кадров I-типа и других кадров Р-типа. Это связано с необходимостью быстрых переходов к произвольному кадру и перестройки последовательности кадров в видеопотоке.

Ключевым технологическим ядром здесь является программно-аппартный блок, реализующий эффективное внутрикадровое синтаксическое представление данных кадра Р-типа.

В настоящее время для информационных технологий ИТОПК используются несколько десятков кодеков [12 - 19]. Современные технологии внутрикадрового синтаксического кодирования с компрессией являются комплексными. Такие технологии основываются на совокупности технологических механизмов, обеспечивающих:

- 1) выявление различных закономерностей и сокращение соответствующих видов избыточности в условиях заданного уровня целостности информации;
- 2) реализацию протоколов передачи информации на различных уровнях инфокоммуникационных систем в соответствии с моделью OSI;

3) реконструкцию кадров Р-типа для видеопотока с учетом зависимости их контента от базового кадра.

На практике реализация технологических этапов, связанных с внутрикадровым кодированием, организуется на платформах семейства JPEG. Здесь характерными аспектами являются:

- 1) возможность проведения обработки кадров Р-типа в режимах без потери целостности информации и в режиме наличия искажений их синтаксического представления;
- 2) возможность снижения нескольких видов избыточности как в пространственно-временном, так и в пространственно-частотном промежуточном синтаксическом представлении.

Одним из подходов относительно реализации технологии синтаксического кодирования трансформант является их обработка в области компонентного описания. Для стандартизированных ИТОПК такая обработка строится на основе базиса выделения значимых компонент $z(\tau; \delta)_u$ и соответственно длин $l(\tau; \delta)_u$ последовательностей незначимых компонент трансформанты. Такой этап, связанный с выявлением длин последовательностей незначимых компонент, обеспечивает сокращение структурно-статистической избыточности.

После выявления значимых компонент и соответственно последовательностей незначимых компонент в рамках реализации синтаксического кодирования для стандартизированных ИТОПК формируются двухкомпонентные векторы, а именно $\{l(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_u\}$. Здесь $l(\tau; \delta)_u$ - длина последовательности незначимых компонент, предшествующих значимой компоненте $z(\tau; \delta)_u$ для τ -й трансформанты в случае ее квантования с параметром δ .

Формирование двухкомпонентных векторов $\{l(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_u\}$ - всего лишь промежуточный этап общего процесса синтаксического представления трансформанты, предусмотренного стандартизированными ИТОПК. Одним из ключевых технологических этапов является стратегия выделения количества разрядов под компоненты $l(\tau; \delta)_u$ и $z(\tau; \delta)_u$. Такой этап называется кодообразованием. Эффективность кодообразования зависит от адекватности выбранной модели информативности синтаксического описания величин $l(\tau; \delta)_u$ и $z(\tau; \delta)_u$ реальному содержанию обрабатываемой трансформанты. Если модель информативности выбрана не адекватно, то гипотеза о наличии предполагаемых закономерностей для двухкомпо-

нентных векторов не подтверждается. Это значит, что выявляемые закономерности в трансформанте либо слабо выражены, либо вообще отсутствуют. Соответственно созданный механизм кодирования не приведет к сокращению информационной интенсивности сегмента. Наоборот, адекватно выбранная модель информативности обеспечивает выявление соответствующих закономерностей. Это создает условия для сокращения избыточности в процессе кодирования.

Для определения базовой модели оценивания информативности рассмотрим синтаксическое описание трансформанты, задаваемое двумерным массивом $Y_2^{(1)}: Y^{(1)} \rightarrow Y_2^{(1)} = \{l(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_u\}$, $u = \overline{2, U-1}$.

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 $d(l; \delta)_\tau$, $d(z; \delta)_\tau$.

С одной стороны, такой подход относительно формирования эффективного внутрикадрового синтаксического кодирования обладает потенциалом для дополнительного снижения интенсивности потока кадров. С другой стороны, он 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 этого предлагается осуществлять перетрансформацию структурного пространства трансформанты $\{L; Z\}$.

Суть перетрансформации векторов $\{l(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_u\}$ заключается в обеспечении тенденции пропорционального изменения значений его компонент $l(\tau; \delta)_u$ и $z(\tau; \delta)_u$. Для этого предлагается значимые компоненты линейаризованной трансформанты размещать в обратном порядке. В этом случае перетрансформация ДК описывается следующим выражением:

$$\tilde{r}_u : \{l(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_{U-u+1}\}, \quad (3)$$

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

В результате этого строится перетрансформированный вектор $\tilde{R}(U-2)$ 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 этого предлагается формировать синтаксическое представление трансформанты Y в двумерном структурном пространстве $\{L; Z\}$ по объектному принципу. Здесь единое кодовое значение строится для координат $\{l(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_{U-u+1}\}$ дискретной позиции \tilde{p}_u ДСП пространства, как для отдельных объектов. Такие кодовые значения предлагается называть идентификаторами $I(\tau; \delta)_u$, что задается выражением:
 $\tilde{p}_u : \{l(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_{U-u+1}\} \rightarrow I(\tau; \delta)_u.$

При этом требуется учитывать следующие аспекты:

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 $d(l; \delta)_\tau$ и $d(z; \delta)_\tau$, т.е.:
 $l(\tau; \delta)_u \in [0; d(l; \delta)_\tau]$ и $z(\tau; \delta)_u \in [0; d(z; \delta)_\tau].$ (4)
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).

Координатный объект \tilde{p}_u в соответствии с перетрансформацией обладает следующими свойствами:

– значения его координатных составляющих по осям L и Z имеют градиентную однонаправленность, а именно увеличение значения $l(\tau; \delta)_u$ длины цепочки незначимых компонент согласовывается с ростом величины значимой компоненты $z(\tau; \delta)_{U-u+1};$

– значения координатных составляющих в соответствии с особенностями формирования уплотненного ДСП пространства ограничены динамическим количеством допустимых значений, т.е.
 $l(\tau; \delta)_u \in [0; d(l; \delta)_\tau - 1]; \quad z(\tau; \delta)_{U-u+1} \in [1; d(z; \delta)_\tau - 1],$

$$u = \overline{2, U-1}; \quad (5)$$

– значения координатных составляющих $l(\tau; \delta)_u$ и $z(\tau; \delta)_{U-u+1}$ отличаются характерной неравномер-

ностью распределения и нелинейностью изменений по осям L и $Z.$

Данные свойства создают условия для интерпретации координатных объектов \tilde{p}_u ДСП пространства как двухэлементных биадических чисел в условиях градиентной однонаправленности. В связи с этим предлагается формировать идентификаторы $I(\tau; \delta)_u$ позиций \tilde{p}_u , как кодовые значения биадических чисел в условиях градиентной однонаправленности.

Тогда функциональное преобразование $F(I)$ для идентификации координатного объекта \tilde{p}_u , т.е.

$$F(I) : \{l(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_{U-u+1}\} \rightarrow I(\tau; \delta)_u$$

примет следующий вид:

$$I(\tau; \delta)_u = (l(\tau; \delta)_u (d(z; \delta)_\tau - 1) + z(\tau; \delta)_{U-u+1}). \quad (6)$$

Данное выражение позволяет построить пространство $I(\tau; \delta)$ идентификаторов по дискретным позициям ДСП пространства в условиях градиентной однонаправленности. В результате формируется вектор $I(\tau; \delta)$ идентификаторов, т.е.
 $I(\tau; \delta) = \{I(\tau; \delta)_2; \dots; I(\tau; \delta)_u; \dots; I(\tau; \delta)_{U-1}\}.$

Для создания эффективного синтаксического представления последовательности $I(\tau; \delta)$ идентификаторов координатных объектов ДСП пространства предлагается вектор идентификаторов в условиях наложения ограничений на неравенство парных элементов интерпретировать как одномерные объектно-позиционные числа с основанием $Q(\tilde{p}_u; \delta)$, для элементов которого выполняется условие гибкого неравенства (с синдромом парного неравенства $S(\tau; \delta)$).

В этом случае вектор $I(\tau; \delta)$ идентификаторов без учета ограничений заменяется двумя векторами, а именно вектором $\hat{I}(\tau; \delta)$ идентификаторов в условиях наложения ограничений на неравенство парных элементов и соответствующим синдромом $S(\tau; \delta)$, т.е.:

$$I(\tau; \delta) \xrightarrow{\varphi_s} \{\hat{I}(\tau; \delta); S(\tau; \delta)\},$$

где φ_s – функционал выявления условия неравенства для смежных (парных) идентификаторов.

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:

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

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

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

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 $S(\tau; \delta)$.

С учетом введенных технологических аспектов система соотношений для одномерного двухосновного объектно-позиционного кодирования в условиях гибкого неравенства парных элементов примет следующий вид:

$$\hat{E}(s; \tau; \delta) = \sum_{u=2}^{U-1} \theta'(\tau; \delta)_u Q(\tilde{p}_u; \delta)^{v_u} \cdot \hat{Q}(\tilde{p}_u; \delta)^{\hat{v}_u}. \quad (7)$$

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 обработанными на u -м шаге кодирования, и соответственно для которых выполняется условие равенства, т.е. $s(\tau; \delta)_u = 1$ и выполняется условие неравенства, т.е. $s(\tau; \delta)_u = 0$. Для u -го шага кодирования выполняется равенство: $v_u + \hat{v}_u = U - u - 1$.

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

Таким образом, соотношение (7) образует технологическое ядро эффективного синтаксического представления сегмента видеокadra на основе формирования уплотненного двумерного спектрального структурного пространства с последующим одномерным двухосновным объектно-

позиционным кодированием в пространстве идентификаторов в условиях гибкого неравенства парных элементов.

5. Выводы

1. Показано, 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. Следовательно, существует дисбаланс между величиной информационной интенсивности кодированного видеопотока и целостностью его синтаксического и семантического содержания.

2. Разработаны методологические аспекты обработки динамического видеоресурса для повышения качества дистанционного видеосервиса, которые базируются на следующих технологических составляющих:

1) метод идентификации уплотненного двумерного спектрального структурного пространства по его дискретным позициям (координатным объектам) на основе биадического принципа в условиях градиентной однонаправленности с учетом наложения ограничений на динамическое количество значений, которые принимают элементы структурных составляющих ДСП пространства;

2) концепция внутрикадрового эффективного синтаксического кодирования сегментов видеокadров на основе их трансформирования. Отличительные особенности концепции состоят в том, что формируется уплотненное ДСП пространство по векторам структурных характеристик с последующей идентификацией их координатных объектов с сохранением целостности информации в условиях однонаправленности градиента;

3) технологическое ядро эффективного синтаксического представления сегмента видеокadra на основе: формирования уплотненного двумерного спектрального структурного пространства с последующим одномерным двухосновным объектно-позиционным кодированием в пространстве идентификаторов в условиях гибкого неравенства парных элементов; классификации пар идентификаторов уплотненного ДСП пространства по наличию условия неравенства и результату сравнения монотонности.

Литература: 1. *Кашкин В.Б.* Цифровая обработка аэрокосмических изображений: Конспект лекций / В.Б. Кашкин, А.И. Сухинин. Красноярск: ИПК СФУ, 2008. 121 с. 2. *Алімнієв А.М., Бараннік В.В., Белікова Т.В., Сідченко С.О.* Теоретичні основи створення технологій протидії прихованим інформаційним атакам в сучасній гібри-

дній війні // Системи обробки інформації. 2017. № 4(150). С. 113-121. **3. Шульгин С.С., Красноруцкий А.А., Кулица О.С.** Исследование характеристик сервиса дистанционного предоставления видеослужб при управлении в кризисных ситуациях // Открытые компьютерные информационные интегрированные технологии. 2015. № 70. С. 263-270. **4. Gonzalez R.** Digital image processing. М.: Technosphere, 2005. 1072 p. **5. Миано Дж.** Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии: учебное пособие. М.: Триумф, 2003. 336 с. **6. Лидовский В.В.** Теория информации. М.: Компания Спутник+, 2004. 111 с. **7. Yudin O., Frolov O., Ziubina R.** 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]. P. 227-229, doi.org/10.1109/infocommst.2015.7357320. **8. Красильников Н.Н.** Цифровая обработка изображений. Москва: Вузовская книга, 2011. 320 с. **9. Stankiewicz O., Wegner K., Karwowski D., Stankowski J., Klimaszewski K., Grajek T.** Encoding mode selection in HEVC with the use of noise reduction, [International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)], Poznan. 2017. P. 1-6. **10. Zhang Y., Negahdaripour S., Li Q.** Error-resilient coding for underwater video transmission, [OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey], Monterey, CA. 2016. P. 1-7. **11. Wang S., Zhang X., Liu X., Zhang J., Ma S., Gao W.** Utility-Driven Adaptive Preprocessing for Screen Content Video Compression, [Transactions on Multimedia]. Vol. 19. No. 3. 2017. P. 660-667.

12. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео: учебное пособие. М.: ДИАЛОГ – МИФИ. 2003. 384с. **13. Barannik V.V., Ryabukha Yu.N., Podlesnyi S.A.** Structural slotting with uniform redistribution for enhancing trustworthiness of information streams, [Telecommunications and Radio Engineering], English translation of *Elektrosvyaz and Radiotekhnika*, No. 76 (7), 2017. P. 607. doi: /10.1615/TelecomRadEng.v76.i7.40. **14. Alimpiev A.N., Barannik V.V., Sidchenko S.A.** The method of cryptocompression presentation of videoinformation resources in a generalized structurally positioned space, [Telecommunications and Radio Engineering], English translation of *Elektrosvyaz and Radiotekhnika*, No. 76 (6), 2017. pp. 521-534, doi: 10.1615/TelecomRadEng.v76.i6.60. **15. Хаханов В.И., Побеженко И.А.** Модели и архитектура вейвлет преобразований для стандарта JPEG 2000 // АСУ и приборы автоматики. 2007. № 2(139). С. 4-12. **16. Гуржий П.Н., Бойко Ю.П., Третьяк В.Ф.** Адаптивне одноосновне позиційне кодування масивів довжин серій двійкових елементів // Радіоелектроніка та інформатика. 2013. № 2. С. 12-17. **17. Baranni, V., Krasnorutskiy A., Ryabukha Y.N., Okladnoy D.E.** Model intelligent processing of aerial photographs with a dedicated key features interpretation, [Modern Problems of Radio Engineering], Telecommunications and Computer Science (TCSET), 2016, Lviv. 2016. pp. 736, doi: 10.1109/TCSET.2016.7452167. **18. Баранник В.В., Рябуха Ю.Н.** Концептуальный метод повышения безопасности дистанционного видеинформационного ресурса в системе аэромониторинга кризисных ситуаций на основе интеллектуальной обработки видеокладов // Радиоэлектронные компьютерные системы. 2015. № 3. С. 19-21. **19. Barannik V., Tarasenko D.** Method of encoding a video frame based on the identification vectors seal structural transformed space // Radioelectronics & informatics. 2016. No. 4. P. 4-11.

Transliterated bibliography:

- 1. Kashkin V.B.** Cifrovaya obrabotka aerokosmicheskikh izobrazhenii. IPK SFU, Krasnoyarsk, 2008. 121 p.
- 2. Alimpiev A.M., Barannik V.V., Belikova T.V., Sidchenko S.O.** Teoretichni osnovi stvorenniya tehnologii protidii prihovanim informacii in atakam v suchasni gibridni viini // Information Processing Systems. No. 4(150). 2017. P. 113-121.
- 3. Shulgin S.S., Krasnoruckii A.A., Kulica O.S.** Issledovanie harakteristik servisa distancionnogo predostavlenniya videouslug pri upravlenii v krizisnih situaciyah // Open information and computer integrated technologies. 2015. No. 70. P. 263-270.
- 4. Gonzalez R., Woods R.** Digital Image Processing, Technosphere, Moscow, 2002. 1072 p.
- 5. Miano J.** Formaty i algoritmy szhatiya izobrazheniy v deystvii. Moscow: Triumf. 2003. 336 p.
- 6. Lidovskii V.V.** Teoriya informacii. Moscow: Kompany Sputnik+.2004. 111 p.
- 7. Yudin O., Frolov O., Ziubina R.** 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]. P. 227-229, doi.org/10.1109/infocommst.2015.7357320.
- 8. Krasilnikov N.N.** Cifrovaya obrabotka izobrazhenii. Moscow: The University book. 2011. 320 p.
- 9. Stankiewicz O., Wegner K., Karwowski D., Stankowski J., Klimaszewski K., Grajek T.** Encoding mode selection in HEVC with the use of noise reduction, [International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)], Poznan, 2017. P. 1-6.
- 10. Zhang Y., Negahdaripour S., Li Q.** Error-resilient coding for underwater video transmission, [OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey], Monterey, CA. 2016. P. 1-7.
- 11. Wang S., Zhang X., Liu X., Zhang J., Ma S., Gao W.** Utility-Driven Adaptive Preprocessing for Screen Content Video Compression, [Transactions on Multimedia]. Vol. 19. 2017. No. 3. P. 660-667.
- 12. Vatolin D., Ratushnyak A., Smirnov M., Yukin V.** Metodi szhatiya dannih. Ustroistvo arhivatorov szatie izobrazheniii video: uchebnoe posobie. Moscow. DIALOG MIFI. 2003. 384 p.
- 13. Barannik V.V., Ryabukha Yu.N., Podlesnyi S.A.** Structural slotting with uniform redistribution for enhancing trustworthiness of information streams, [Telecommunications and Radio Engineering], English translation of *Elektrosvyaz and Radiotekhnika*. No. 76 (7). 2017. pp. 607, doi: /10.1615/TelecomRadEng.v76.i7.40.

14. Alimpiev A.N., Barannik V.V., Sidchenko S.A. The method of cryptocompression presentation of videoinformation resources in a generalized structurally positioned space, [Telecommunications and Radio Engineering], English translation of *Elektrosvyaz and Radiotekhnika*. No. 76 (6). 2017. pp. 521-534, doi: 10.1615/TelecomRadEng.v76.i6.60.
15. Hahanov V.I., Pobejenko I.A. Modeli i arhitektura veivlet preobrazovaniy dlya standarta JPEG 2000 // *Control Systems and Automation Devices*. 2007. No. 2(139). pp. 4-12.
16. Gurjii P.N., Boiko Yu.P., Tretyak V.F. Adaptivne odnoosnovne poziciine koduvannya masiviv dovjin serii dviikovih elementiv // *RadioElectronics & Informatics Journal*. 2013. No 2. P. 12-17.
17. Baranni, V., Krasnorutskiy A., Ryabukha Y.N., Okladnoy D.E. Model intelligent processing of aerial photographs with a dedicated key features interpretation, [Modern Problems of Radio Engineering], *Telecommunications and Computer Science (TCSET)*, 2016. Lviv, 2016. P. 736, doi: 10.1109/TCSET.2016.7452167.
18. Barannik V.V., Ryabuha Yu.N. Konceptualnii metod povisheniya bezopasnosti distancionnogo videoi nformacionnogo resursa v sisteme aeromonitoringa krizisnih situacii na osnove intellektualnoi obrabotki videokadrov // *Radioelectronic computer systems*. 2015. No. 3. P. 19-21.
19. Barannik V., Tarasenko D. Method of encoding a video frame based on the identification vectors seal structural transformed space // *Radioelectronics & informatics*. 2016. No. 4. P. 4-11.

Поступила в редколлегию 12.11.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Безрук В.М..

Тарасенко Дмитрий Анатолиевич, аспирант Черкасского государственного технологического университета. Научные интересы: кодирование и защита информации для передачи в телекоммуникационных системах. Адрес: Украина, 61000, Харьков, ул. Сумская, 77/79. E-mail: barannik_v_v@mail.ru.

Tarasenko Dmitry Anatolyevich, post-graduate student, Cherkasy State Technological University. Scientific interests: encoding and protection of information for transmission in telecommunication systems. Address: Ukraine, Kharkov, st. Sumskaia, 77/79. E-mail: barannik_v_v@mail.ru.