

тенциала, а также разработку и внедрение антикризисной программы относительно предупреждения возникновения угроз для информации.

Ключевые слова: объект киберзащиты, оценка уязвимости, риск-ориентированный подход, система информационной безопасности, антикризисное управление.

Ruban I., Tiutiunyk V., Zabolotnyi V., Tiutiunyk O. Vulnerability Assessment of Cyber Defense Objects Based on a Risk-Oriented Approach

Annotation. The paper presents the results of the spread of a risk-oriented approach to assess the effectiveness of the information security system of a cyber-defense object in the context of possible disclosure and information leakage, its blocking and modification. It is shown that the basis of the information security system of cyber protection objects is a classical control loop that provides collection, processing and analysis of information, as well as modeling the development of information danger to cyber protection facilities, the development and implementation of anti-crisis management to prevent the emergence of threats to information, revolves in the process of functioning of cyber protection facilities, as well as elimination or minimization of consequences. On the basis of the results obtained, a structural and logical diagram of the anti-crisis management process has been developed to prevent the emergence of threats to information, rotates in the process of functioning of the cyber defense object, as well as eliminating or minimizing the consequences of threats. The developed anti-crisis management scheme includes: diagnosis of the crisis state of the cyber defense object and threats to the information circulating in the process of functioning of the cyber defense object; defining the goals and objectives of crisis management to prevent threats to information circulating during the operation of the cyber defense object, as well as to eliminate or minimize their consequences; identification of the subject of anti-crisis activities to prevent threats to information circulating during the operation of the cyber defense object, as well as to eliminate or minimize their consequences; assessment of time constraints of crisis management to prevent threats to information circulating during the operation of the cyber defense object, as well as to eliminate or minimize their consequences; assessing the resource potential of crisis management to prevent threats to information circulating during the operation of the cyber defense object, as well as to eliminate or minimize their consequences; development of an anti-crisis program to prevent threats to information circulating during the operation of the cyber defense object, as well as to eliminate or minimize their consequences; implementation of the anti-crisis program and control over its implementation to prevent threats to information circulating during the operation of the cyber defense object, as well as to eliminate or minimize their consequences; development and implementation of preventive measures to prevent the recurrence of threats to information circulating during the operation of the cyber defense object.

Keywords: cyber defense object, vulnerability assessment, risk-oriented approach, information security system, anti-crisis management.

Рубан Ігор Вікторович, д.т.н., професор, перший проректор Харківського національного університету радіоелектроніки.

Рубан Игорь Викторович, д.т.н., профессор, первый проректор Харьковского национального университета радиоэлектроники.

Ruban Igor, Doctor of Technical Sciences, Professor, First Vice-Rector of the Kharkiv National University of Radio Electronics.

Тютюник Вадим Володимирович, д.т.н., старший науковий співробітник, начальник кафедри управління та організації діяльності у сфері цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України.

Тютюник Вадим Владимирович, д.т.н., старший научный сотрудник, начальник кафедры управления и организации деятельности в сфере гражданской защиты Национального университета гражданской защиты Украины.

Tiutiunyk Vadym, Doctor of Technical Sciences, Senior Research Fellow, Head of the Department of Management and Organization of Civil Protection of the National University of Civil Protection of Ukraine.

Заболотний Володимир Ілліч, к.т.н., доцент, професор кафедри безпеки інформаційних технологій Харківського національного університету радіоелектроніки.

Заболотный Владимир Ильич, к.т.н., доцент, профессор кафедры безопасности информационных технологий Харьковского национального университета радиоэлектроники.

Zabolotnyi Volodymyr, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Information Technology Security of the Kharkiv National University of Radio Electronics.

Тютюник Ольга Олександрівна, к.т.н., доцент, доцент кафедри інформатики та комп'ютерної техніки Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця.

Тютюник Ольга Александровна, к.т.н., доцент, доцент кафедры информатики и компьютерной техники Харьковского национального экономического университета имени Семена Кузнеця.

Tiutiunyk Olha, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Informatics and Computer Engineering of the Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics.

ЗАХИСТ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ОБЛАДНАННЯ/ SOFTWARE & HARDWARE ARCHITECTURE SECURITY

DOI: [10.18372/2225-5036.26.15154](https://doi.org/10.18372/2225-5036.26.15154)

ТЕХНОЛОГИЯ КОМПОНОВОЧНОГО КОДИРОВАНИЯ МИКРОСЕГМЕНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВИДЕОРЕСУРСОВ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Владимир Баранник¹, Юрий Бабенко², Валерий Баранник¹,
Александр Игнатъев¹, Евгений Сидченко¹

¹Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

²Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина



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

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

Образование: Харьковский военный университет, 1994 год.

Должность: профессор кафедры АПВТ Харьковского национального университета радиоэлектроники.

Научные интересы: технологии кодирования, искусственный интеллект, информационная безопасность.

Публикации: более 750 научных публикаций, среди которых монографии, учебники, учебные пособия, научные статьи и патенты на изобретения.

E-mail: vvbar.off@gmail.com.

ORCID ID: 0000-0002-2848-4524.



БАБЕНКО Юрий Михайлович

Год и место рождения: 1996 год, г. Днепропетровск, Украина.

Образование: Киевский национальный университет Тараса Шевченко, 2018 год.

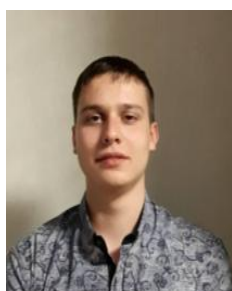
Должность: аспирант, Киевский национальный университет Тараса Шевченко.

Научные интересы: технологии цифровой обработки изображений, информационная безопасность.

Публикации: 10 научных публикаций, среди которых научные статьи и патенты на изобретения.

E-mail: babenkomahalych@gmail.com.

ORCID ID: 0000-0002-8115-3329.



БАРАННИК Валерий Владимирович

Год и место рождения: 2000 год, г. Первомайск, Николаевская область, Украина.

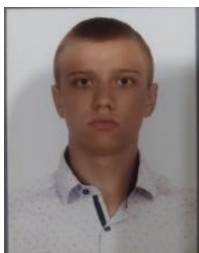
Должность: студент Харьковского национального университета радиоэлектроники, Украина.

Научные интересы: технологии кодирования, искусственный интеллект, информационная безопасность.

Публикации: 13 научных публикаций, среди которых научные статьи и патенты на изобретения.

E-mail: valera462000@gmail.com

ORCID ID: 0000-0003-3516-5553.



ИГНАТЬЕВ Александр Алексеевич

Год и место рождения: 2002 год, г. Харьков, Украина.

Должность: студент Харьковского национального университета радиоэлектроники, Украина.

Научные интересы: искусственный интеллект, информационная безопасность.

E-mail: oleksandr.ignatyev10@gmail.com.

ORCID ID: 0000-0003-1227-6840.



СИДЧЕНКО Евгений Сергеевич

Год и место рождения: 1994 год, г. Харьков, Украина.

Образование: Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, 2015 год.

Должность: соискатель, Харьковского национального университета радиоэлектроники, Украина.

Научные интересы: технологии кодирования, информационная безопасность.

Публикации: 7 научных публикаций, среди которых научные статьи и тезисы конференций.

E-mail: sidserg72@gmail.com.

ORCID ID: 0000-0001-7167-9602.

Анотация. Показывается, что обеспечение безопасности информационных ресурсов в системе управления объектами критической инфраструктуры в условиях информационных войн является актуальной проблематикой научно-прикладных исследований. Обосновывается существование угроз потери безопасности критических видеоресурсов, что в условиях управления объектами критической инфраструктуры приводит к нарушениям в системе обеспечения национальной безопасности государства. Устанавливается необходимость создания технологических платформ в рамках кластера описания синтаксиса видеоресурсов для соответствующей переориентации баланса эффективности. В статье предлагается альтернативное направление обработки видеок кадров на уровне их синтаксического описания. При этом обеспечиваются условия совместимости разрабатываемой платформы с технологическими решениями в рамках концепции JPEG. Излагается разработка метода комбинированного кодирования значимого микро сегмента видеок кадра на уровне кодограмм его синтаксического представления в спектральном пространстве, путем построения последовательностей кодовых конструкций равномерной длины на основе: дифференцированной фрагментации кодограммы длин цепочек нулевых компонент трансформанты; заполнения избыточной составляющей позиционно-базовой кодограммы значимых компонент трансформанты фрагментами позиционно-дополняющей кодограммы длин цепочек нулевых компонент. Показывается, что созданные методы кодирования видеоресурса на основе разработанной концепции обработки значимых сегментов обеспечивают повышение уровня доступности в условиях требуемого уровня его целостности, т.е. достигается повышения уровня информационной безопасности.

Ключевые слова: кодирование видеоинформации, безопасность информационного видеоресурса, трансформанта дискретного косинусного преобразования, позиционно-базовая кодограмма.

Вступление

Важным аспектом в обеспечении национальной безопасности государства является состояние системы критической инфраструктуры. В свою очередь эффективность функционирования объектов критической инфраструктуры определяется в значимой степени характеристиками системы управления, поддержки и принятия решений. Соответственно ключевой вопрос касается качества информационно-технологического обеспечения. Здесь требуется обеспечить необходимые уровни целостности, доступности и конфиденциальности информации с использованием существующих инфокоммуникационных технологий. В тоже время межгосударственная обстановка складывается таким образом, что активно применяются технологии информационных и гибридных войн [1; 2]. Наличие информационного противодействия в условиях множества внутрисоветских дестабилизирующих факторов составляет спектр значимых угроз потери информационной безопасности государства.

В связи с чем, обеспечение безопасности информационных ресурсов в системе управления объектами критической инфраструктуры в условиях информационных войн является актуальной проблематикой научно-прикладных исследований.

В этом плане наибольшие сложности возникают в случае обеспечения безопасности видеоинформационных ресурсов [1; 2]. Несмотря на повышение характеристик производительности инфокоммуникационных технологий сохраняется дисбаланс относительно темпов роста интенсивности информационных потоков. Это объясняется расширением видеосервисов, повышением их качественных характеристик, использованием видеосервисов для поддержки и принятия решений в процессе управления объектами критической инфраструктуры, результатом действия деструктивных информационно-технических атак. Значит с одной стороны существует противоречие с позиции информационно-технологического обеспечения, в том числе в условиях информа-

ционных атак, а с другой стороны повышается степень критичности видеоинформации [1 – 20]. Следовательно, существуют угрозы потери безопасности критичных видеоресурсов, что в условиях управления объектами критической инфраструктуры приводит к нарушениям в системе обеспечения национальной безопасности государства. Исходя из чего, обеспечение требуемого уровня безопасности критичных видеоресурсов является актуальной и значимой научно-прикладной задачей.

Технологически решение такой задачи находится в плоскости совершенствования информационных платформ, реализующих функции цифровой обработки видеоинформации [1 – 19]. Здесь задача повышения доступности и целостности информационных ресурсов разбивается на кластеры в зависимости от ключевых требований сервисов.

В случае обработки видеоинформации базовый технологический аспект заключается в использовании особенностей ее визуального восприятия и учете семантических структур. Такой кластер обеспечивает до 90 % эффективности функционирования всех технологических этапов платформ цифровой обработки [6; 7; 12; 14; 19; 20; 21].

Однако сопутствующим здесь недостатком является наличие угроз потери целостности информации. Сбалансировать такие угрозы можно с использованием эффективных концептов по кодированию видеоданных путем выявления закономерностей на уровне описания синтаксиса [22; 23 – 43].

Новизна

Получил дальнейшее развитие метод комповочного кодирования на основе заполнения избыточных последовательностей кодограмм. Отличительные особенности метода заключаются в том, что кодовые конструкции строятся для кодограмм значимых микросегментов видеокадра в спектральном пространстве с использованием локально-позиционных систем, где: позиционно-базовой составляющей являются кодограммы значимых компонент трансформанты, позиционно-дополняющей кодограммой – кодограммы длин цепочек нулевых компонент трансформант. Это позволяет дополнительно повысить уровень доступности видеоресурса без потери его целостности.

Усовершенствована информационная технология обработки видеокадров на основе JPEG-платформы. Базовыми отличиями здесь являются: идентификация сегментов по степени их значимости с позиции сохранения семантической целостности с последующими: равномерным локально-позиционным кодированием значимых микросегментов в спектральном пространстве с формированием векторов значимых компонент и длин цепочек нулевых компонент трансформант; организацией синтаксического представления на основе комповочного кодирования его кодограмм.

Это позволяет повысить уровень доступности видеоресурсов в условиях заданного уровня их семантической целостности. На основе созданного метода кодирования видеоресурсов достигается повышение

его доступности в среднем в 1,3 раза при сохранении требуемого уровня целостности информации.

Анализ существующих исследований

Существующие технологические решения от носительно эффективного описания синтаксиса составляют в среднем 10 – 15 % от всех технологических этапов платформ цифровой обработки (ПЦО) [20; 24; 25]. В тоже время как показывают исследования экспериментальных результатов по обработке разных классов статистических видеоресурсов для балансирования уровнем целостности и доступности требуется обеспечить в среднем до 30 % эффективности от всех технологических этапов ПЦО [18 – 22].

Поиском таких решений сейчас уделяется значимое внимание, в том числе в таких работах как [1 – 20]. В тоже время подавляющее большинство исследований данного кластера ПЦО касаются вопросов статистического кодирования, развития отдельных компонент такой концепции обработки видеокадров, как JPEG. В свою очередь это определяет сдерживающий фактор развития всего кластера эффективного описания синтаксиса.

В статье предлагается альтернативное направление обработки видеокадров на уровне их синтаксического описания [19 – 27]. При этом обеспечиваются условия совместимости разрабатываемой платформы с технологическими решениями в рамках концепции JPEG.

Для совершенствования технологий кодирования с гибкими контролируруемыми ограничениями на уровень визуальных оценок по восприятию реконструируемых видеокадров (ВРВ) предлагается использовать описание структурно-статистических зависимостей на основе выявления областей когерентности [19 – 27].

Достоинством такого подхода является следующее:

- на выявление областей когерентности затрачивается относительно небольшое количество операций;
- сокращается временная задержка на дальнейшее компрессионное кодирование;
- выявляются структурно-статистические закономерности, обусловленные наличием участков видеоснимка, содержащих элементы, значения которых отличаются незначительно;
- представление видеоснимков с использованием областей когерентности является более гибким к изменению структурных свойств фрагментов видеоснимка по сравнению с ортогональными преобразованиями.

Целью исследования данной статьи является создание разработка метода кодирования видеоресурса для повышения его безопасности по категориям доступности и целостности.

Основная часть исследования

Построение технологии предварительной обработки и идентификации сегментов на основе выявления областей когерентности. Информацию о структурно-статистических закономерностях, которые выявляются в процессе формирования областей

когерентности, предлагается использовать для предварительной классификации сегментов $S(X)_{i,j}$ по степени их влияния на визуальное и семантическое детектирование видеокадров. Здесь подразумевается то, что различные сегменты видеоресурса отличаются степенью насыщенности мелкими деталями и объектами. Это приводит к тому, что они несут различную информационную нагрузку относительно идентификации семантического контента видеоизображения. Поэтому предлагается сегменты видеоизображения разделять на классы по степени их информационной нагрузки. Понятно, что чем большую информационную нагрузку несет сегмент изображения, тем больше качество его восстановленного образа будет влиять на результирующую идентификацию семантического контента всего видеоресурса. Это позволит перераспределить весовую нагрузку сегментов видеокадра и обеспечить повышение доступности информации в условиях заданного уровня ее целостности.

Необходимо выявлять значимые сегменты с позиции сохранения семантической целостности (ССЦ) видеоресурса на основе использования системы правил для принятия решения по информации о структурно-статистических свойствах их микросегментов.

В основу такой системы правил предлагается закладывать следующую концепцию:

1) на первом уровне создается система сравнений показателя $\delta(x; u)$, который характеризует уровень структурно-статистической насыщенности u -го микросегмента, с пороговыми значениями δ_{min} и δ_{max} ;

2) на втором уровне строится система правил принятия решения относительно значимости всего сегмента с позиции ССЦ видеоресурса на основе использования информации о количестве микросегментов с различным уровнем структурно-статистической насыщенности.

Здесь предлагается организовывать классификацию микросегментов видеокадра в пространственно-временном описании его яркостной составляющей. Одним из эффективных подходов здесь является использование технологических механизмов, связанных с выявлением и параметризацией областей когерентностей (ОКГ).

Под областью когерентности понимается локальный участок $X(u)^{(\alpha)}$ микросегмента $S(X)_{i,j}^{(u)}$ видеокадра, значения элементов $x(u)_{\alpha, \gamma+\tau}$ которого находятся в пределах локального признака $\delta^{(loc)}$, характеризующего допустимые изменения их значений с позиции отсутствия потерь семантической целостности видеоресурса. Причем последовательность $\{x(u)_{\alpha, \gamma}; \dots; x(u)_{\alpha, \gamma+\tau}; \dots; x(u)_{\alpha, \gamma+\ell_{\alpha}-1}\}$, образующая локальный участок $X(u)^{(\alpha)}$, состоит из элементов, в общем случае не обязательно расположенных в микросегменте на соседних позициях.

Такой вариант выявления и параметризации структурно-статистических свойств микросегмента

учитывает его локальные неравномерные структурные свойства одновременно с позиции сохранения семантической целостности, наличия психовизуальной избыточности и внутренних корреляционных зависимостей для различных классов реалистических видеокадров.

Тогда с позиции предложенного подхода для выявления и параметризации структурно-статистических свойств будет следующая соответствия:

1) микросегменты с высоким уровнем структурно-статистической насыщенности отличаются наличием значительного количества резких переходов яркости и контрастности между элементами видеокадров, а именно количество элементов в области когерентности в среднем не превышает 4, $\bar{\ell}(u)_{\alpha} \leq 4$,

А их среднее количество $\bar{v}_{ld}^{-(u)}$ не менее 3, $\bar{v}_{ld}^{-(u)} \geq 3$;

2) микросегменты со средним уровнем структурно-статистической насыщенности характеризуются наличием незначительного количества переходов яркости. Итак значения соответствующих параметров будут следующими: $3 \leq \bar{\ell}(u)_{\alpha} \leq 8$, а для количества областей когерентности (ОКГ) будет выполняться неравенство $2 \leq \bar{v}_{ld}^{-(u)} \leq 3$;

3) микросегменты с низким уровнем структурно-статистической насыщенности отличаются отсутствием резких изменений между элементами. Поэтому для них будет характерно то, что: $\bar{\ell}(u)_{\alpha} > 8$ и $\bar{v}_{ld}^{-(u)} \leq 2$.

Создание технологии формирования комбинированного кодирования в пространственно-спектральном описании значимых микросегментов.

Процесс синтаксического представления проводится для микросегментов, которые характеризуются наибольшим уровнем информативности и значимости с позиции сохранения семантической целостности видеоресурса. Здесь предварительно используются два базовых технологических этапа обработки.

Первый этап заключается в трансформировании микросегментов с использованием двумерного дискретного косинусного преобразования. Это позволяет перевести микросегменты из временного пространства в спектральное.

Второй этап обработки заключается в локально-позиционном кодировании полученных на предыдущем этапе трансформант. Локально-позиционное кодирование подразумевает обработку вектора $L(y; u)_{i,j}$ длин незначимых компонент и вектора $K(y; u)_{i,j}$ значимых (ключевых) компонент.

В результате чего, формируются следующие две кодовые составляющие:

1) последовательность равномерных кодограмм $G_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$, $\theta = \overline{1, \Theta}$, содержащих кодовые значения $E_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$ для подвекторов $K(y; u)_{i,j}^{(\theta)}$ значимых компонент, т.е:

$$K(y; u)_{i,j} \rightarrow \{G_y(k; u)_{i,j}^{(1)}; \dots; G_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}; \lambda(k; u)\}. \quad (1)$$

2) последовательность равномерных кодограмм $G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$, $\psi = \overline{1, \Psi}$, содержащих кодовые значения $E_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$ для подвекторов $L(y; u)_{i,j}^{(\psi)}$ длин цепочек нулевых компонент трансформанты, а именно:

$$L(y; u)_{i,j} \rightarrow \{G_y(\ell; u)_{i,j}^{(1)}; \dots; G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}; \dots; G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\Psi)}; \lambda(\ell; u)\}. \quad (2)$$

С учетом чего, значимый микросегмент $S'(X)_{i,j}$ видеокadra в кодовом виде описывается таким соотношением:

$$S'(X)_{i,j} \xrightarrow{f} \{ \{G_y(k; u)_{i,j}^{(1)}; \dots; G_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}; \dots; G_y(k; u)_{i,j}^{(\Psi)}; \lambda(k; u)\} \cup \{G_y(\ell; u)_{i,j}^{(1)}; \dots; G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}; \dots; G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\Psi)}; \lambda(\ell; u)\} \}. \quad (3)$$

В тоже время такое описание не учитывает ряд аспектов относительно дополнительного повышения эффективности обработки видеокadров (в том числе дополнительной возможности относительно повышения уровня доступности видеоресурса), обусловленных взаимным позиционированием данных кодовых конструкций, а именно:

- 1) возможности сокращения кодовой избыточности;
- 2) возможности ускоренного доступа к видеокadру в режиме начальной реконструкции низкочастотных компонент трансформанты.

Рассмотрим первый аспект дополнительного повышения эффективности обработки видеокadров.

Сокращение кодовой избыточности в результате эффективного позиционирования кодовых конструкций векторов $L(y; u)_{i,j}$ и $K(y; u)_{i,j}$ обеспечивает дополнительное снижение битового объема видеокadra без потери целостности информации.

Наличие количества кодовой избыточности для кодограмм $G_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$ подвекторов значимых компонент проявляется в образовании последовательности старших бит, значения которых равны нулю. Количество ΔV_y кодовой избыточности определяется по формуле:

$$\Delta V_y = V_{\max} - V_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}. \quad (4)$$

Рассмотрим второй аспект. Ускоренный доступ к видеоресурсу с учетом его представления в спектральной области обеспечивается в случае восстановления на приемной стороне в первую очередь полной информации о низкочастотных компонентах.

Это будет возможным в случае, когда подвекторы $K(y; u)_{i,j}^{(1)}$ и $L(y; u)_{i,j}^{(1)}$, представляющие информацию о низкочастотной области спектра реконструируются совместно.

Для этого предлагается разработать компонентное кодирование в спектральном пространстве.

Суть такого кодирования заключается в заполнении избыточной составляющей $\Delta G_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$ кодограммы $G_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$ вектора значимых компонент трансформанты частями $\Delta G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$ кодограммы $G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$ вектора длин цепочек нулевых компонент.

В этом случае заполняемая кодограмма $G_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$ является позиционно-базовой, а соответственно кодограмма $G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$ - позиционно-дополняющей.

Выбор в качестве позиционно-базовой кодограммы $G_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$ объясняется тем, что количество кодограмм $G_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$, которые формируются для вектора $K(y; u)_{i,j}$ значимых компонент трансформанты будет больше, чем количество кодограмм $G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$ той же длины, формируемых для вектора $L(y; u)_{i,j}$.

Такая особенность характерна в результате того, что при равном количестве элементов для векторов $K(y; u)_{i,j}$ и $L(y; u)_{i,j}$, т.е. $\nu(u; \psi) = \nu(u; \theta)$, величина динамического диапазона $\lambda(k; u)$ значимых компонент $k(y; u; \theta)_{\alpha}^{(i;j)}$ будет существенно больше динамического диапазона $\lambda(\ell; u)$ длин $\ell(y; u; \psi)_{\alpha}^{(i;j)}$ цепочек нулевых компонент, $\lambda(k; u) > \lambda(\ell; u)$.

Рассмотрим процесс построения позиционно-базовых кодограмм.

Значимые компоненты вектора $K(y; u)_{i,j}$, кроме компоненты на позиции $\alpha=1$, будут иметь ограниченный динамический диапазон $\lambda(k; u)$. Поэтому вектор $K(y; u)_{i,j}$, составленный из значимых компонент $k(y; u)_{\alpha}^{(i;j)}$ трансформанты за исключением DC-компоненты $k(y; u)_{\alpha}^{(i;j)}$ предлагается рассматривать как локально-позиционное число с основанием $\lambda(k; u)$. Тогда технология построения кодограмм будет базироваться на следующих аспектах:

1. Разделить вектор $K(y; u)_{i,j}$ на Θ непересекаемых подвекторов $K(y; u)_{i,j}^{(\theta)}$, т.е.:

$$K(y; u)_{i,j} = \bigcup_{\theta=1}^{\Theta} K(y; u)_{i,j}^{(\theta)}. \quad (5)$$

Здесь каждый подвектор $K(y; u)_{i,j}^{(\theta)}$ включает в себе $\nu(u; \theta)$ элементов $k(y; u; \theta)_{\alpha}^{(i;j)}$, а именно:

$$K(y; u)_{i,j}^{(\theta)} = \{ \ell k(y; u; \theta)_{\alpha}^{(i;j)}; \dots; k(y; u; \theta)_{\alpha}^{(i;j)}; \dots; k(y; u; \theta)_{\nu(u; \theta)}^{(i;j)} \}. \quad (6)$$

2. Формировать кодограмму $G_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$ для кодового значения $E_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$, полученного для подвектора $K(y; u)_{i,j}^{(\theta)}$.

При этом для определения длины $V_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$ кодограммы $G_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$ требуется учитывать свойство кодовых значений $E_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$, состоящее в возможности определить их динамический диапазон $W_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$ на основе информации об основании $\lambda(k; u)$, а именно:

$$\max_{1 \leq \psi \leq \Psi} \{E_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}\} \leq W_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)} - 1 = (\lambda(k; u))^{v(u; \theta) - 2} - 1. \quad (7)$$

С учетом чего, величина $V_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$ находится по формуле:

$$V_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)} = \lceil \log_2((\lambda(k; u))^{v(u; \theta) - 2} - 1) \rceil + 1. \quad (8)$$

Тогда размерность $v(u; \theta)$ подвекторов $K(y; u)_{i,j}^{(\theta)}$ должна выбираться так, чтобы обеспечить получение величины $V_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$, значение которой не будет превышать уровень $V_{\max}$. Здесь $V_{\max}$ установленная длина машинного кода.

Понятно, что величина $v(u; \theta)$ будет равномерной для всех подвекторов $K(y; u)_{i,j}^{(\theta)}$ в пределах отдельной трансформанты.

Соответственно кодограммы $G_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$, $\theta = \overline{1, \Theta}$ будут иметь равномерную длину $V_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$ в пределах текущей трансформанты.

Это обеспечивает возможность выделять кодограммы $G_y(k; u)_{i,j}^{(\theta)}$ среди всего информационного потока без использования позиционных маркеров и дополнительной служебной информации.

Компоновочное кодирование видеокадра на уровне кодограмм его синтаксического описания в спектральной области позволяет: построить единую кодовую конструкцию, что упрощает процесс деко-

дирования; устранить количество кодовой избыточности без потери целостности информации; ускорить доступность видеоресурса в режиме оценочного качества визуального восприятия.

Рассмотрим основные этапы метода компоновочного кодирования значимых микросегментов видеокадра в спектральном пространстве.

Начальным этапом такого кодирования является разделение позиционно-дополняющей кодограммы $G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$ на непересекаемые фрагменты $\Delta_d G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$, длиной равной $\Delta_d V_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$ бит, т.е.:

$$G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)} = \bigcup_{d=1}^D \Delta_d G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}, \quad (9)$$

так, что выполняется условие:

$$V_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)} = \bigcup_{d=1}^D \Delta_d V_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}. \quad (10)$$

Здесь $\Delta_d V_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$ - длина d -го фрагмента $\Delta_d G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$ для ψ -й кодограммы $G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$ для подвектора $L(y; u)_{i,j}^{(\psi)}$ длин цепочек нулевых компонент. Процесс разделения кодограммы $\Delta_d G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$ на фрагменты $\Delta_d G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$, $d = \overline{1, D}$, задаваемый соотношениями (1), (2) называется фрагментацией позиционно-дополняющей кодограммы.

Длина $\Delta_d V_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$ фрагмента $\Delta_d G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$ зависит от количества нулевых бит в соответствующей d -й позиционно-базовой кодограмме $G_y(k; u)_{i,j}^{(d)}$.

Следующим этапом является непосредственное заполнение последовательности нулевых компонент на старших позициях позиционно-базовой кодограммы $G_y(k; u)_{i,j}^{(d)}$ соответствующим фрагментом $\Delta_d G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$ позиционно-дополняющей кодограммы $G_y(\ell; u)_{i,j}^{(\psi)}$ длин цепочек нулевых компонент трансформанты. Данный процесс схематично представлен на рис. 1.

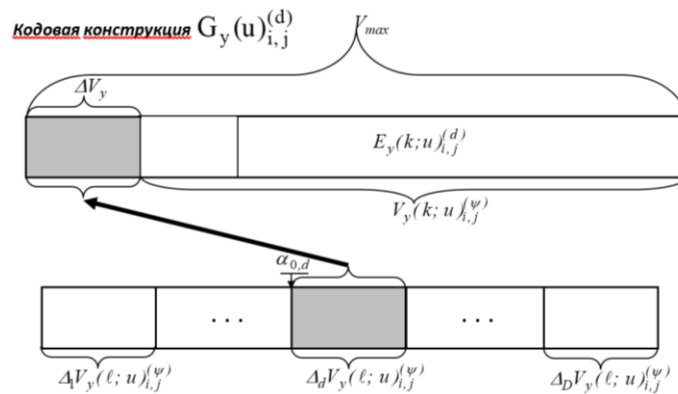


Рис 1. Схема заполнения позиционно-базовой кодограммы

В результате заполнения позиционно-базовой кодограммы $G_y(k; u_{i,j}^{(d)})$ формируется кодовая конструкция $G_y(u_{i,j}^{(d)})$, длина которой равна V_{max} бит, а структура будет содержать две составляющие, а именно (рис. 1):

$$G_y(u_{i,j}^{(d)}) = G_y(k; u_{i,j}^{(d)}) \cup \Delta G_y(\ell; u_{i,j}^{(\psi)}). \quad (11)$$

Значит, разработан метод компоновочного кодирования значимого микросегмента видеокadra на уровне кодограмм его синтаксического представления в спектральном пространстве, путем заполнения избыточной составляющей позиционно-базовой кодограммы фрагментами позиционно-дополняющей кодограммы.

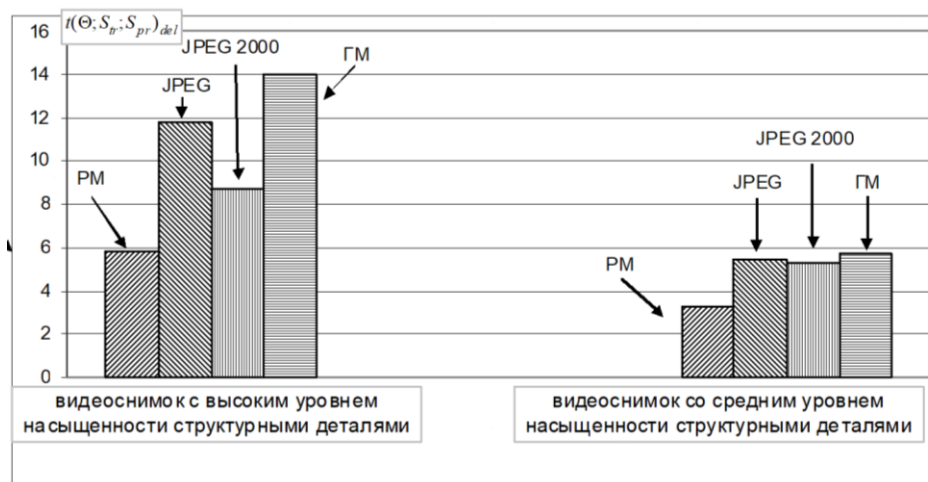


Рис. 2 Сравнительная оценка по временным задержкам на доставку видеокadров в инфокоммуникационных системах

Такая оценка осуществляется в условиях, когда скорость S_{tr} передачи данных находится на уровне 2 Мбит/с, 20 Мбит/с; видеокadры имеют начальный битовый объем на уровне $V_{beg} = 75$ Мбит и $V_{beg} = 768$ Мбит; составляющая многопроцессорной системы строится на микропроцессорах ARM 11 (Nokia 5700) и Snapdragon (HTC HD2) уровень сокращения психовизуальной избыточности (уровень применения первого кластера ПЦО) соответствует значению пикового отношения сигнал / шум в 40 дБ.

Анализ диаграмм на рис. 2 позволяет сделать следующие выводы:

- выигрыш по времени доставки для разработанного метода относительно существующих в среднем равен 1,3 раза; создана технология компоновочного представления видеоресурсов по сравнению с известными технологиями в режиме сохранения целостности на уровне пикового отношения сигнал/шум в 40 дБ обеспечивает возможность доставки в реальном времени видеокadров с начальным размером 24 Мп.

Выводы

Разработан метод компоновочного кодирования значимого микросегмента видеокadra на уровне кодограмм его синтаксического представления в спектральном пространстве, путем построения последовательностей кодовых конструкций равномерной

Экспериментальная оценка методов кодирования видеоресурса. Рассмотрим экспериментальную часть. Для этого осуществляется обработка реалистических изображений.

Используются изображения двух классов по степени насыщенности их мелкими деталями и объектами. Количество изображений по каждому классу выбиралось не менее 50.

Для обработки видеоизображений используется программная реализация созданного метода кодирования. Сравнительная оценка по временным $t(\Theta; S_{tr}; S_{pr})_{del}$ задержками на доставку видеокadров в инфокоммуникационных системах, что определяет уровень доступности видеоресурса, приведена на рис. 2.

длины на основе: дифференцированной фрагментации кодограммы длин цепочек нулевых компонент трансформанты; заполнения избыточной составляющей позиционно-базовой кодограммы значимых компонент трансформанты фрагментами позиционно-дополняющей кодограммы длин цепочек нулевых компонент.

Это обеспечивает дополнительное повышение эффективности обработки видеокadров на уровне формирования кодограмм их синтаксического представления, а именно позволяет: построить единую кодовую конструкцию, что упрощает процесс декодирования; устранить количество кодовой избыточности без потери целостности информации; ускорить доступность видеоресурса в режиме оценочного качества визуального восприятия.

Литература

- [1] Баранник В.В. Основы теории структурно-комбинаторного стеганографического кодирования: монография / В.В. Баранник, Д.В. Баранник. – Х.: Издательство «Лидер», 2017. – 256 с.
- [2] Announcing the ADVANCED ENCRYPTION STANDARD (AES) // *Federal Information Processing Standards Publication* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/FIPS/NIST.FIPS.197.pdf>.
- [3] Auer, S., Bliem A., Engel, D., Uhl, A., Unterwiesing, A. Bitstream-based JPEG Encryption in Real-time

// *International Journal of Digital Crime and Forensics*, 2013. - 17 p.

[4] Barannik V., Barannik N., Ryabukha Yu., Barannik D. Indirect Steganographic Embedding Method Based On Modifications of The Basis of the Polyadic System // *15th IEEE International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET'2020)*, 2020. - pp. 699-702.

[5] Barannik V., Barannik V.: Binomial-Polyadic Binary Data Encoding by Quantity of Series of Ones // *15th IEEE International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET'2020)*, 2020. - pp. 775-780.

[6] Barannik V., Belikova T., Gurzhiy P. The model of threats to information and psychological security, taking into account the hidden information destructive impact on the subconscious of adolescents // *2019 IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*, 2019. - pp. 656 - 661.

[7] Barannik V., Krasnoruckiy A., Hahanova A.: The positional structural-weight coding of the binary view of transformants // *East-West Design & Test Symposium (EWDTS)*. - Rostov-on-Don, 2013. - pp. 1-4.

[8] Barannik V.V., Ryabukha Yu.N., Kulitsa O.S. The method for improving security of the remote video information resource on the basis of intellectual processing of video frames in the telecommunication systems. *Telecommunications and Radio Engineering*, Vol. 76, No 9, 2017. - pp. 785-797.

[9] Barannik V., Shulgin. S. The method of increasing accessibility of the dynamic video information resource // *2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET)*, 2016. - pp. 621-623.

[10] Barannik, V., Tarasenko, D. Method coding efficiency segments for information technology processing video // *4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T)*, 2017. - pp. 551-555.

[11] Chen Ch.-Ch., Wu W.-J. A secure Boolean-based multi-secret image sharing scheme. *Journal of Systems and Software*, Vol. 92, 2014. - pp. 107-114.

[12] Chen T.-H., Wu Ch.-S. Efficient multi-secret image sharing based on Boolean operation. *Signal Processing*, Vol. 91, Iss. 1, 2011. - pp. 90-97.

[13] Deshmukh M., Nain N., Ahmed, M. An (n, n)-Multi Secret Image Sharing Scheme Using Boolean XOR and Modular Arithmetic // *IEEE 30th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA)*, 2016. - pp. 690-697.

[14] DSTU 7624:2014: *Information Technology. Cryptographic protection of information. Symmetric block transformation algorithm*. Order of the Ministry of Economic Development of Ukraine № 1484, 2014.

[15] DSTU GOST 28147:2009: *Information processing system. Cryptographic protection. Cryptographic transformation algorithm GOST 28147-89*, 2008.

[16] Dufaux, F., Ebrahimi, T.: *Toward a Secure JPEG. Applications of Digital Image Processing XXIX*, Vol. 6312, 2006.

[17] Farajallah M. *Chaos-based crypto and joint crypto-compression systems for images and videos* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01179610>.

[18] Faraoun, K.M. A parallel block-based encryption schema for digital images using reversible cellular automata. *Engineering Science and Technology*, Vol. 17, 2014. - pp. 85-94.

[19] Honda T., Murakami Y., Yanagihara Y., Kumaki T., Fujino T. Hierarchical image-scrambling method with scramble-level controllability for privacy protection // *IEEE 56th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)*, 2013. - pp. 1371-1374.

[20] *Information technology - JPEG 2000 image coding system: Secure JPEG 2000*. International Standard ISO/IEC 15444-8; ITU-T Recommendation T.807, 2007. - 108 p.

[21] *Executive Summary JPEG Privacy & Security Abstract and Executive Summary* [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://jpeg.org/items/20150910_privacy_security_summary.html.

[22] Kobayashi H., Kiya H. Bitstream-Based JPEG Image Encryption with File-Size Preserving. // *IEEE 7th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, 2018. - pp. 1-4.

[23] Korshunov, P. and Ebrahimi, T.: Using warping for privacy protection in video surveillance // *18th International Conference on Digital Signal Processing (DSP)*, 2013. - pp. 1-6.

[24] Vladimir Barannik, Valeriy Barannik, Dmytro Havrylov, Anton Sorokun.: Development Second and Third Phase of the Selective Frame Processing Method // *2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT)*, 2019. - pp. 54-57.

[25] Korshunov, P. and Ebrahimi, T.: Using warping for privacy protection in video surveillance // *18th International Conference on Digital Signal Processing (DSP)*, 2013. - pp. 1-6.

[26] Minemura, K. and Moayed, Z. and Wong, K. and Qi, X. and Tanaka, K.: JPEG image scrambling without expansion in bitstream size // *19th IEEE International Conference on Image Processing*, 2012. - pp. 261-264.

[27] Naor M., Shamir A. Visual Cryptography. In: *Proceedings of the Advances in Cryptology - EUROCRYPT'94. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 950, 1995. - pp. 1-12.

[28] Phatak A. A Non-format Compliant Scalable RSA-based JPEG Encryption Algorithm. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, Vol. 8, No. 6, 2016. - pp. 64-71.

[29] Ramakrishnan S. *Cryptographic and Information Security Approaches for Images and Videos*. CRC Press, 2018. -962 p.

[30] Rivest R.L., Shamir A., Adleman L.M. A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems // *Communications of the ACM*, (2) 21, 1978. - pp. 120-126.

[31] V. Barannik, M. Karpinski, V.Tverdokhlebo, D.Barannik, V. Himenk, M. Aleksander The technology of the video stream intensity controlling based on the bit-planes recombination // *2018 IEEE 4th International Symposium on Wireless Systems within the International*

Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS-SWS), 20-21 Sept. 2018, Lviv, Ukraine.

[32] Sharma, R. and Bollavarapu, S.: Data Security using Compression and Cryptography Techniques. *International Journal of Computer Applications*, Vol. 117, No. 14, 2015/ - pp. 15-18.

[33] V. Barannik, D. Barannik, V. Fustii, M. Parkhomenko Evaluation of Effectiveness of Masking Methods of Aerial Photographs // *2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT)*, 2-6 July 2019, Lviv, Ukraine.

[34] Barannik V.V., Ryabukha Yu. N., Tverdokhlebo V.V., Barannik D.V.: Methodological basis for constructing a method for compressing of transformants bit representation, based on non-equilibrium positional encoding // *Advanced Information and Communication Technologies (AICT)*, 2017 2nd International Conference, 2017. - pp.188-192.

[35] Tsai Ch.-L., Chen Ch.-J., Hsu, W.-L.: Multimorphological image data hiding based on the application of Rubik's cubic algorithm // *IEEE International Conference on Security Technology (ICST0)*, 2012. - pp. 135-139.

[36] Vasiliev, V.B., Okov, I.N., Strezhikh, Yu.N., Ustinov, A.A., Shvetsov, N.V. Video data compression and protection in UAV information exchange radio channels // *Scientific and practical conference on Prospects for the development and use of complexes with unmanned aerial vehicles*, 2016. - pp. 202-204.

[37] Wong K.-W. Image encryption using chaotic maps. *Intelligent Computing Based on Chaos*, Vol. 184, 2009. -pp. 333-354.

[38] Wong K., Tanaka K. DCT based scalable scrambling method with reversible data hiding functionality. In: *4th International Symposium on Communications, Control and Signal Processing (ISCCSP)*, 2010. - pp. 1-4.

[39] Wu Yu., Agaian. S., Noonan J. Sudoku Associated Two Dimensional Bijections for Image Scrambling // *IEEE Transactions on multimedia* [Електронний ресурс]. Режим доступу: arXiv preprint.arXiv:1207.5856v1.

[40] Yang, Ch.-N. and Chen, Ch.-H. and Cai, S.-R.: Enhanced Boolean-based multi secret image sharing scheme. *Journal of Systems and Software*, Vol. 116, 2016. - pp. 22-34.

[41] Yang, Y., Zhu B.B., Li S., Yu1, N. Efficient and Syntax-Compliant JPEG 2000 Encryption Preserving Original Fine Granularity of Scalability. *EURASIP Journal on Information Security*, Vol. 2007, Article ID 56365, 2008. - 13 p.

[42] Yuan L., Korshunov. P., Ebrahimi T. Secure JPEG Scrambling enabling Privacy in Photo Sharing. // *11th IEEE International Conference and Workshops on Automatic Face and Gesture Recognition (FG)*, 2015. - pp. 1-6.

[43] Zhou Y., Panetta K., Agaian S., Chen C.L.P. Image encryption using P-Fibonacci transform and decomposition. *Optics Communications*, Vol. 285, Iss. 5, 2012. - pp. 594-608.

УДК 003.26:004.056.55:621.39(045)

Бараннік В.В., Бабенко Ю.М., Бараннік В.В., Ігнат'єв О., Сідченко Є. Технологія компоновочного кодування мікросегментів для підвищення безпеки відеоресурсів в інфокомунікаційних системах

Анотація. Показується, що забезпечення безпеки інформаційних ресурсів в системі управління об'єктами критичної інфраструктури в умовах інформаційних війн є актуальною проблематикою науково-прикладних досліджень. Обґрунтовується існування загроз втрати безпеки критичних відеоресурсів, що в умовах управління об'єктами критичної інфраструктури призводить до порушень в системі забезпечення національної безпеки держави. Встановлюється необхідність створення технологічних платформ в рамках кластера опису синтаксису відеоресурсів для відповідної переорієнтації балансу ефективності. У статті пропонується альтернативний напрям обробки відеокадрів на рівні їх синтаксичного опису. При цьому забезпечуються умови сумісності розробленої платформи з технологічними рішеннями в рамках концепції JPEG. Викладається розробка методу компоновочного кодування значимого мікросегменту відеокадра на рівні кодограм його синтаксичного представлення в спектральному просторі, шляхом побудови послідовностей кодових конструкцій рівномірної довжини на основі: диференційованої фрагментації кодограми довжин ланцюжків нульових компонент трансформанти; заповнення надлишкової складової позиційно-базової кодограми значущих компонент трансформанти фрагментами позиційно-доповнюючої кодограми довжин ланцюжків нульових компонент. Показується, що створені методи кодування відеоресурсу на основі розробленої концепції обробки значущих сегментів забезпечує підвищення рівня доступності в умовах необхідного рівня його цілісності, тобто досягається підвищення рівня інформаційної безпеки.

Ключові слова: кодування відеоінформації, безпеку інформаційного відеоресурсу, трансформанта дискретного косинусного перетворення, позиційно-базова кодограма

Barannik V.V., Babenko Yu.M., Barannik V.V., Ignatiev A., Sidchenko Ye. Composite coding technology of microsegments to improve the security of video resources in infocommunication systems

Abstract. It is shown that ensuring the security of information resources in the management system of critical infrastructure facilities in the context of information wars is a topical issue in applied research. The existence of threats to the loss of security of critical video resources is substantiated, which in the conditions of managing critical

infrastructure facilities leads to violations in the system of ensuring the national security of the state. The necessity of creating technological platforms within the cluster for describing the syntax of video resources for the corresponding reorientation of the balance of efficiency is established. The article proposes an alternative direction for processing video frames at the level of their syntactic description. At the same time, the conditions for compatibility of the developed platform with technological solutions within the framework of the JPEG concept are provided. The development of a method of arrangement coding of a significant microsegment of a video frame at the level of codograms of its syntactic representation in the spectral space by constructing sequences of code constructions of uniform length on the basis of: differentiated fragmentation of the codogram lengths of chains of zero components of the transformant; filling the redundant component of the positional-base codogram of the significant components of the transform with fragments of the positional-complementary codogram of the lengths of the chains of zero components. It is shown that the created video resource encoding methods based on the developed concept of processing significant segments provide an increase in the level of availability under the conditions of the required level of its integrity, i.e. an increase in the level of information security is achieved.

Keywords: video information coding, security of information video resource, discrete cosine transform transformant, position-base codogram.

Бараннік Володимир Вікторович, д.техн.наук, професор, професор кафедри АПОТ, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Баранник Владимир Викторович, д.техн.наук, профессор, профессор кафедры АПБТ, Харьковского национального университета радиоэлектроники.

Barannik Volodymyr, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor Department APPT, Kharkov National University of Radio Electronics.

Бабенко Юрій Михайлович, аспірант Київського національного університету Тараса Шевченка.

Бабаенко Юрий Михайлович, аспірант Киевского национального университета Тараса Шевченка.

Babenko Yurii, graduate student, Kievan national university of the name of Tarasa Shevchenko.

Бараннік Валерій Володимирович, студент Харківського національного університету радіоелектроніки.

Баранник Валерий Владимирович, студент Харьковского национального университета радиоэлектроники.

Barannik Valery, student, Kharkov National University of Radio Electronics, Kharkiv.

Ігнат'єв Олександр Олексійович, студент Харківського національного університету радіоелектроніки.

Игнат'ев Александр Алексеевич, студент Харьковского национального университета радиоэлектроники.

Ignatyev Oleksandr, student, Kharkov National University of Radio Electronics, Kharkiv.

Сідченко Євгеній Сергійович, здобувач Харківського національного університету радіоелектроніки.

Сидченко Евгений Сергеевич, соискатель Харьковского национального университета радиоэлектроники.

Sidchenko Yevhenii, graduate student, Kharkov National University of Radio Electronics, Kharkiv.

Отримано 26 листопада 2020 року, затверджено редколегією 15 грудня 2020 року
