

УДК 621.327:681.5

В.В. БАРАННИК<sup>1</sup>, О.С. КУЛИЦА<sup>2</sup>, С.В. ТУРЕНКО<sup>3</sup><sup>1</sup> *Харьковский университет Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба*<sup>2</sup> *Академия пожарной безопасности им. героев Чернобыля, Черкассы*<sup>3</sup> *Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

## МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ АЭРОМОНИТОРИНГА

*Проводится исследование факторов, формирующих угрозы для нарушения свойств доступности и целостности видеоинформации аэромониторинга в системе предупреждения и ликвидации кризисных ситуаций. Обосновывается направление относительно повышения доступности видеоинформации на базе использования технологии компрессионного кодирования видеоданных. Показывается, что для исключения недостатка, связанного с понижением нижней границы дифференциального полиадического пространства необходимо для технологии перфорирования дополнительно учитывать двоичную маску всплесковых элементов верхнего и нижнего уровней. Разрабатываются основные концептуальные составляющие метода сжатия изображений для повышения доступности видеоинформации, базирующегося на кодировании композиционных чисел с маской в дифференциальном перфорированном полиадическом пространстве. Излагаются основные результаты сравнительной оценки относительно базовой составляющей доступности информации в системах аэромониторинга.*

**Ключевые слова:** *безопасность видеоинформации, перфорированное полиадическое пространство, пространственная избыточность, двоичная маска всплесков.*

### Введение

Инфокоммуникационные технологии имеют важное значение для мониторинга кризисных ситуаций (КС) [1–3]. Для таких систем ключевой составляющей является обеспечение доступности информационного ресурса с использованием средств аэромониторинга [3, 4]. Доступность информации в информационных системах как категория информационной безопасности – это свойство информации, которое состоит в возможности непосредственного доступа к ней со стороны процесса или авторизованного пользователя в соответствии с установленной политикой безопасности в необходимой форме и в требуемые временные сроки [5, 6].

Однако видеоинформационное обеспечение с использованием аэромобильных средств организуется в следующих пунктах [4]: ограниченность массогабаритных и энергетических возможностей воздушных средств видеонаблюдения; значительная удаленность от наземных центров приема информации; сложный рельеф местности. С другой стороны растут требования со стороны субъекта доступа (лица принимающего решение). Это проявляется, в том числе в увеличении объемов видеоизображений и требований относительно их качества и достоверности. В таких условиях возможен рост задержек на обработку и передачу видеоданных с борта. Это приводит к формированию угроз нарушения свойства доступности информации как категории инфор-

мационной безопасности, а именно: превышение требуемой задержки доступа к информации; получение информации в форме, несоответствующей требуемому виду представления; получению неполной информации.

Следовательно, в процессе видеомониторинга существует угроза нарушения категории доступности видеоинформации, вызванная со стороны субъекта доступа в условиях сбора, обработки и передачи информации аэромониторинга.

Поэтому повышение доступности видеоинформации аэромониторинга как категории информационной безопасности в системе мониторинга кризисных ситуаций является **актуальной научно-прикладной задачей**.

Требуется принимать во внимание сторону базовых категорий информационной безопасности, обусловленную особенностями формирования, обработки, передачи, восприятия и влияния на пользователей видеоинформационных ресурсов [5, 6]. Здесь следует учитывать такие характеристики как оперативность и своевременность доставки, качество и достоверность видовых изображений. В связи с чем, вариантом обеспечения данного аспекта информационной безопасности является направление, основанное на использовании технологий компрессионного кодирования изображений.

Однако в процессе использования технологий компрессии для решения сформулированной задачи проявляются следующие недостатки:

1. Использование методов без потери целостности связано с низкими степенями сжатия, и, как следствие, с ростом времени доставки данных [7 – 8], откуда нарушается категория доступности информации.

2. Использование методов сжатия, требующих низкой сложности вычисления (методы поэлементного унитарного кодирования, методы структурного кодирования на основе выявления длин серий и методов, основанных на кодах Хаффмана) обеспечивает снижение задержки на обработку [8]. С другой стороны такие методы не обеспечивают требуемого уровня сжатия, что увеличивает время передачи, а значит, приводит к нарушению доступности видеoinформации.

В связи с чем, для разрешения противоречия предлагается развивать класс методов, обладающих такими свойствами как сжатие с контролируемыми потерями качества реконструируемых изображений и реализации процесса сжатия с ограниченной сложностью. Поэтому *цель исследований* состоит в разработке метода повышения доступности видеoinформации на основе компрессионного кодирования изображений с контролируемыми искажениями.

### Основная часть

Предлагается повысить доступность на основе методов сжатия, использующих ортогональные преобразования, за счет выявления в трансформированных изображениях структурных закономерностей и последующего блочного кодирования.

Для обеспечения требований относительно оперативности обработки на борту воздушных средств необходимо сократить количество операций умножения, приходящихся на один обрабатываемый элемент. Для чего в качестве базовых технологий предлагается использовать трансформацию изображений на основе ортогональных преобразований и перевод обрабатываемых данных в дифференциальное пространство, используя два подхода.

В результате чего метод сжатия предлагается строить с учетом следующих стратегий обработки [8]:

1. Учитывать базовые технологии преобразования видеоданных в системе сжатия изображений с предварительным дифференцированием.

В процессе разработки метода сжатия требуется учитывать следующее: – осуществляется предварительное дифференцирование изображений по комбинированной схеме с учетом выбора порога  $S'$  минимального количества избыточности; – для выделения двухградационности динамических диапазонов массивов дифференциального представления проводится их перфорирование с учетом двоичной

маски; – сокращение комбинаторной избыточности в массивах дифференциального представления организуется на базе одномерного кодирования в двумерном полиадическом пространстве по блочной схеме.

2. Обеспечивать исключение неконтролируемых потерь видеoinформации.

3. Осуществлять сокращение структурной, статистической избыточности, на основе выявления таких закономерностей как: корреляция между соседними элементами фрагмента изображения; когерентность элементов в столбцах фрагментов изображения, для которых выполняется одномерное ортогональное преобразование; ограниченное количество резких перепадов для фрагментов изображений; ограниченное значение и неравномерность динамических диапазонов перепадов между соседними элементами изображения; ограниченное количество перепадов, имеющих высокие динамические диапазоны.

4. Исключить дополнительные затраты служебной информации, которые не предусмотрены процессом сокращения избыточности.

Для реализации данных стратегий метод сжатия *предлагается* строить на основе следующих технологий.

*Первый механизм* технологии компрессии связан с процессом дифференцирования фрагментов изображений по комбинированной схеме. Для этого выполняются следующие этапы:

1. Поводится дифференцирование фрагмента изображения. Формируется массив  $H'$  дифференциального представления первого типа.

2. Формируются динамические диапазоны  $d'_{k\ell}$  массива ДП.

3. Оценивается количество  $Q'_2$  информации, содержащееся в одном массиве дифференциального представления:

$$Q'_2 = \sum_{k=1}^n \sum_{\ell=1}^n \log_2 (\min_{1 \leq \ell \leq n} \{ \max_{1 \leq k \leq n} (h'_{k\ell}) \}; \max_{1 \leq k \leq n} (h'_{k\ell}) \} + 1).$$

4. Определяется порог  $S_{\min}$  минимального количества комбинаторной избыточности

$$S_{\min} = 100 \left( \frac{n^2 b}{Q'_2} - 1 \right) \%,$$

где  $b$  – количество разрядов на представление одного элемента массива ДП без выявления ограничений на динамические диапазоны.

5. Осуществляется выбор направления диффе-

ренцирования. Для чего проверяется следующее условие:

$$S_{\min} = 100(n^2 b / (\sum_{k=1}^n \sum_{\ell=1}^n \log_2 (\min\{\max_{1 \leq \ell \leq n} (h'_{k\ell}); \max_{1 \leq k \leq n} (h'_{k\ell})\} + 1)) - 1)\% \geq S',$$

где  $S'$  – заданное количество относительной избыточности.

Если неравенство выполняется, т.е.  $S_{\min} \geq S'$ , то минимальное количество потенциально устраняемой избыточности считается допустимым, дифференцирование осуществляется по первому направлению. Наоборот, если  $S_{\min} < S'$ , то для дополнительного сокращения избыточности проводится предварительное одномерное ортогональное преобразование, т.е. выбирается второе направление дифференцирования.

6. Данный этап выполняется, для случая когда  $S_{\min} < S'$ . Он заключается в проведении одномерного ортогонального преобразования.

7. После выполнения ортогонального преобразования осуществляется получение массивов дифференциального представления второго типа.

**Второй механизм** технологии компактного представления сводится к организации перфорирования массивов дифференциального представления в двумерном полиадическом пространстве с маской. Он включает в себя следующие этапы:

1. На основе значений динамических диапазонов  $d'_{k\ell}$  массива ДП осуществляется вычисление порога перфорирования. Для этого используется следующее выражение:

$$K(h')_{\text{пор}} = (\sum_{k=1}^n \sum_{\ell=1}^n d'_{k\ell}) / n^2.$$

2. Организуется перфорирование массива ДП [8].

3. Выполняется технология маскирования элементов массива дифференциального представления. Для этого используется маркер, заданный следующей системой:

$$p_{k\ell} = \begin{cases} 0, & \rightarrow d_{k\ell} \leq K(h')_{\text{пор}} \vee h'_{k\ell} \geq K(h')_{\text{пор}}; \\ 1, & \rightarrow d_{k\ell} > K(h')_{\text{пор}} \ \& \ h'_{k\ell} < K(h')_{\text{пор}}, \end{cases}$$

где  $p_{k\ell}$  – элемент маски  $P^{(2)}$  на позиции  $(k; \ell)$ .

4. Элементы массивов нижнего  $h_{k\ell}^{(1)}$  и верхнего

$h_{k\ell}^{(2)}$  перфорирующего уровня могут находиться на

разных позициях в массиве ДП. Поэтому на очередном этапе обработки необходимо из отобранных элементов сформировать наиболее полные массивы для упрощения процесса кодирования. Построение подмассивов нижнего и верхнего уровней перфорации предлагается проводить с учетом того, что: массивы заполняются в направлении строк, т.к. это соответствует направлению кодирования; в случае заполнения неполной строки элементом из другой строки, имеющего больший диапазон, необходимо пересчитать диапазоны для элементов всей строки. В результате формируются две составляющие массива дифференциального представления,  $H^{(0)}$  и  $H^{(1)}$ .

5. Осуществляется пересчет динамических диапазонов  $d_{k\ell}^{(0)}$  элементов массива нижнего перфорационного уровня с учетом маскирования. Выполняется следующая система:

$$d_{k\ell}^{(0)} = \begin{cases} d'_{k\ell}, & \rightarrow p_{k\ell} = 0; \\ K(h')_{\text{пор}}, & \rightarrow p_{k\ell} = 1. \end{cases}$$

6. Проводится обработка массива верхнего перфорационного уровня [8].

7. Проводится сборка составляющих перфорационных уровней в единый массив. В результате чего строится композиционное представление перфорационного массива дифференциального представления в двумерном полиадическом пространстве. Композиция заключается в расстановке элементов массивов  $H^{(0)}$ ,  $\bar{H}^{(1)}$  на исходные позиции в массиве  $H$  дифференциального представления. Для этого используется информация о динамических диапазонах  $d'_{k\ell}$  массива ДП. Результатом сборки является композиционный массив  $H''$ ,  $H'' = \{h''_{k\ell}\}$ . С другой стороны данный массив представляет собой композиционное перфорированное число в двумерном полиадическом пространстве.

**Третий механизм** процесса сжатия осуществляет технологию одномерного кодирования по блочной схеме. Для этого требуется вычислить код для композиционных перфорированных с маской чисел в двумерном полиадическом пространстве.

Описание перфорированных с маской композиционных чисел в полиадическом пространстве задается следующей системой:

$$h''_{k,\ell} = \begin{cases} h_{k,\ell}^{(0)}; d_{k,\ell}^{(0)} = d_{k,\ell}, & \rightarrow d'_{k,\ell} \leq K(h')_{\text{пор}}; \\ h_{k,\ell}^{(0)}; d_{k,\ell}^{(0)} = K(h')_{\text{пор}}, & \rightarrow \\ & d'_{k,\ell} > K(h')_{\text{пор}} \ \& \ h'_{k,\ell} < K(h')_{\text{пор}}; \\ h_{k,\ell}^{(-1)}; d_{k,\ell}^{(1)} = s_{k,\ell} = d_{k,\ell}^{(1)} - \mu, & \rightarrow d'_{k,\ell} > K(h')_{\text{пор}}. \end{cases}$$

Здесь  $h''_{k,\ell}$  – ( $k$ ;  $\ell$ )-й элемент перфорированного с маской композиционного числа в двумерном полиадическом пространстве.

Особенность обработки в перфорированном с маской полиадическом пространстве заключается в том, что формирование кода-номера осуществляется одновременно для элементов двух перфорированных уровней с учетом наложения маски и дифференциального преобразования составляющей верхнего динамического уровня. Соответственно динамические диапазоны элементов  $h''_{k,\ell}$  будут иметь три типа коррекций относительно системы оснований двумерного полиадического пространства.

В тоже время при обработке областей реалистических изображений заранее неизвестно их структурное содержание. Значит, для разных фрагментов изображений будут различные значения кодов-номеров. Поэтому для композиционных массивов в зависимости от их содержания соответствуют различные значения кодов-номеров.

С другой стороны для фиксированной длины КПМ числа могут возникнуть несоответствия между длиной его кодового слова и структурными особенностями композиционного перфорированного числа. Такое несоответствие может привести к следующим последствиям [8]: к уменьшению коэффициента сжатия в случае формирования кодов для отдельных столбцов композиционного массива; к потере информации из-за нехватки длины кодового слова для представления значения кода-номера, полученного сразу для всего композиционного массива. Следовательно, в результате такой обработки снижается значение коэффициента сжатия или теряется часть информации.

Поэтому для учета: с одной стороны нестационарности содержания массивов дифференциального представления; с другой стороны для исключения дополнительных затрат служебных данных на маркировку кодовых комбинаций – предлагается осуществлять формирование неравномерных кодовых комбинаций для композиционных перфорированных с маской чисел (КПМЧ), имеющих равномерную длину.

В этом случае КПМ числами будут столбцы массива  $H''$ , а длина неравномерных кодовых комбинаций будет определяться на основе накопленно-

го произведения оснований элементов КПМ числа.

Отсюда значение кода-номера  $N^{(\ell)}$  и длина  $C^{(\ell)}$  кодовой комбинации будут формироваться для отдельных столбцов. Значение кода-номера для  $\ell$ -го столбца будет равна величине  $N^{(\ell)}$ , а величина накопленного произведения  $V^{(\ell)}$ . Отсюда длину  $C^{(\ell)}$  кодовой комбинации, содержащей значение кода-номера  $N^{(\ell)}$  предлагается определять на основе соотношения

$$C^{(\ell)} = [\ell \log_2 V^{(\ell)}] + 1 \text{ (бит)}.$$

Данное выражение позволяет определить длину кодового слова под код-номер КПМ числа на основе значений оснований его элементов без использования дополнительной служебной информации.

Сравнительная оценка по задержке на передачу сжатых видовых изображений проводилась для разработанного метода (ККПМ) и методов компрессии с контролируемыми потерями качества (JPEG, JPEG2000, комбинированный метод сжатия КМС), и рассматривается на рис. 1.

Исследование результатов на рис. 1 позволяет заключить, что снижение задержки на передачу видовых изображений с бортовых комплексов в случае сжатия на основе созданного метода, по сравнению с известными методами, достигает 35 %.

Сравнительный анализ затрат количества операций позволяет заключить, что для разработанного метода: количество операций умножения сокращается на 16 % для  $n = 8$  и на 25 % для  $n = 16$ ; количество операций типа сложения/вычитания снижается на 50 %; удельное количество операций умножения целочисленного типа относительно вещественного для разработанного метода составляет 33 %, в то время как для технологий JPEG такое количество достигает 100 %.

Таким образом, разработан метод сжатия дифференцированных изображений на основе организации перфорирования массивов дифференциального представления в двумерном полиадическом пространстве с маской с последующим одномерным кодированием по блочной схеме.

## Выводы

1. Разработан метод повышения доступности информации на основе компрессионного кодирования дифференцированных изображений. Метод базируется на следующих технологических решениях:

1) дифференцировании фрагментов изображений по комбинированной схеме;

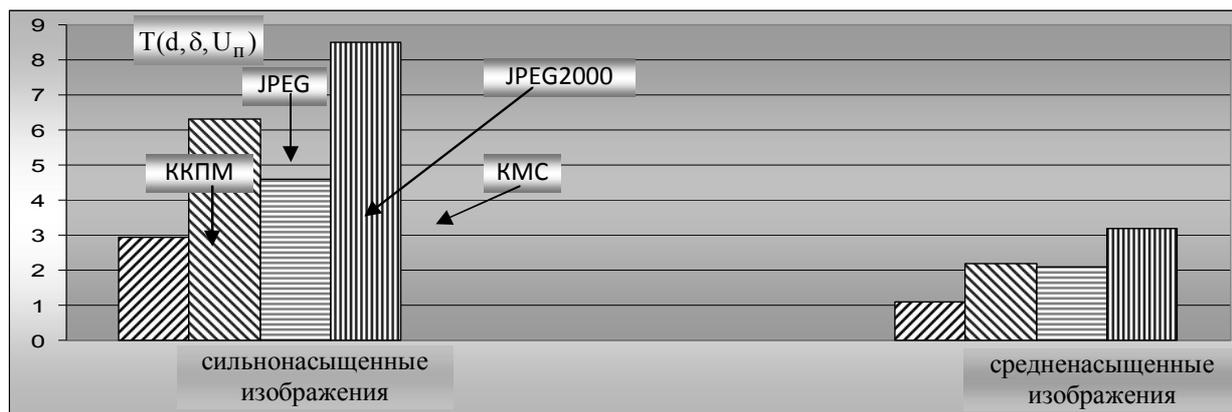


Рис. 1. Диаграммы зависимости времени передачи от класса обрабатываемых изображений для объемом 11 Мбит и скорости передачи 512 Кбит/с

2) организации перфорирования массивов дифференциального представления в двумерном полиадическом пространстве с маской;

3) одномерное кодирование по блочной схеме для формирования кода композиционным перфорированным с маской числам в двумерном полиадическом пространстве.

2. Обеспечивается выполнение следующих стратегий обработки: предварительное преобразование видеоданных в системе сжатия изображений с предварительным дифференцированием; исключение неконтролируемых потерь видеоинформации; сокращение структурной, статистической избыточности; исключение дополнительных затрат служебной информации.

Научная новизна состоит в том, что получил дальнейшее развитие метод сжатия изображений с контролируемой потерей их качества на основе предварительного дифференцирования. Отличительные характеристики относительно других методов заключаются в том, что формируются одномерные коды по блочной схеме в двумерном перфорированном полиадическом пространстве с маскированием, образованном для комбинированного дифференциального представления изображений. Это позволяет повысить доступность видеоинформации при заданных условиях относительно ее целостности.

## Литература

1. Лабутина, И.А. Дешифрование аэрокосмических снимков [Текст]: учебное пособие / И.А. Лабутина. – М.: Аспект-Пресс, 2004. – 184 с.
2. Кашкин, В.Б. Цифровая обработка аэрокосмических изображений [Текст]: конспект лекций / В.Б. Кашкин. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 121 с.
3. Баранник, В.В. Методологический анализ системы аэрокосмического видеомониторинга чрезвычайных ситуаций [Текст] / В.В. Баранник, А.В. Яковенко, А.Ю. Школьник // Сучасна спеціальна техніка. – 2011. – № 4 (27). – С. 12–22.
4. Кулица, О.С. Обоснование требований относительно целостности видеоинформации воздушного мониторинга чрезвычайных ситуаций [Текст] / О.С. Кулица // Сучасна спеціальна техніка. – 2012. – № 4. – С. 12–22.
5. Юдін, О.К. Захист інформації в мережах передачі даних [Текст]: підручник / Г.Ф. Конахович, О.Г. Корченко, О.К. Юдін. – К.: Видавництво ТОВ НВП «ІНТЕРСЕРВІС», 2009. – 714с.
6. Юдін, О.К. Інформаційна безпека. Нормативно-правове забезпечення [Текст]: підручник / О.К. Юдін. – К.: НАУ, 2011. – 640с.
7. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1073 с.
8. Сэломон, Д. Сжатие данных, изображений и звука [Текст] / Д. Сэломон. – М.: Техносфера, 2004. – 368 с.

Поступила в редакцию 02.09.2013, рассмотрена на редколлегии 11.09.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., зав. каф. сети связи В.М. Безрук, Харьковский Национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

## МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ДОСТУПНОСТІ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ АЕРОМОНІТОРИНГУ

*В.В. Бараннік, О.С. Куліца, С.В. Туренко*

Проводиться дослідження факторів, що формують загрози для порушення властивостей доступності та цілісності відеоінформації аеромоніторингу у системі попередження та ліквідації кризових ситуацій. Обґрунтовується напрям щодо підвищення доступності відеоінформації на базі використання технології компресії кодування відеоданих. Показується, що для виключення нестачі, пов'язаної з пониженням нижньої межі диференціального поліадичного простору необхідно, для технології перфорування додатково врахувати двійкову маску всплескових елементів верхнього і нижнього рівнів. Розробляються основні концептуальні складові методу стиснення зображень для підвищення доступності відеоінформації, що базується на кодуванні композиційних чисел з маскою в диференціальному перфорованому поліадичному просторі. Викладаються основні результати порівняльної оцінки щодо базової складової доступності інформації в системі аеромоніторингу.

**Ключові слова:** безпека відеоінформації, перфорований поліадичний простір, просторова надмірність, двійкова маска сплесків.

## METHOD OF INCREASING ACCESSIBILITY VIDEO INFORMATION OF AIR MONITORING

*V.V. Barannik, O.S. Kulitsa, S.V. Turenko*

The research of factors that shape the threat to violate accessibility and integrity of the properties of video information off air monitoring in the system of prevention and response to of crisis situations. Substantiates the in relation to direction increasing the availability video information technologies based on the use of compression encoding video. It is shown that to avoid the disadvantages associated with lowering the lower bound of the differential polyadic of space required for perforating technologies additionally to take into account the binary mask wavelet elements of the upper and lower levels. Being developed the basic conceptual components of the image compression method for increasing the availability of video information, which is based on the coding of composite numbers with a mask in the differential perforated polyadic space. The main results of comparative assessments of the basic component of the availability of information systems air monitoring.

**Keywords:** security video information, a perforated Polyadic space, spatial redundancy, the binary mask bursts.

**Бараннік Володимир Вікторович** – д-р техн. наук, проф., начальник кафедри автоматизованих систем управління, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків.

**Куліца Олег Сергійович** – ад'юнкт ад'юнктури, Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля, м. Черкаси.

**Туренко Сергій Вікторович** – аспірант, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків.