

БАРАННИК В. В., доктор технических наук, профессор, начальник кафедры,  
 СИДЧЕНКО С. А., кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший  
 научный сотрудник научного центра,  
 ТУПИЦА И. М., заместитель начальника учебно-тренировочного комплекса (Харьковский  
 университет Воздушных Сил),  
 КОРОЛЕВА Н. А., кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры транспортной связи  
 (Украинский государственный университет железнодорожного транспорта)

## Методология позиционирования полиадических кодовых конструкций на основе классифицирующих признаков в системе криптокомпрессионного представления

*Разработана методология построения криптокомпрессионного представления изображений на основе систем полиадического кодирования. В основе такого подхода лежит наличие для полиадических кодовых конструкций следующих свойств: обеспечение минимального уровня степени сжатия в независимости от коэффициента концентрации мелких деталей в изображении; устойчивость структуры кодовых конструкций к изменению степени насыщенности изображений; отсутствие остаточной избыточности для информационных составляющих, и наоборот наличие семантической избыточности для служебных составляющих компрессиограммы; разделимость информационной и служебной составляющей и наличие значимой асимметричной зависимости первой от второй; возможность реализации сжимающих векторных подстановок и перестановок на всю видеопоследовательность.*

**Ключевые слова:** двумерное полиадическое число, полиадические кодовые конструкции, кодирование, сжатие изображений.

### Введение

Существующие системы компрессионного преобразования изображений [1, 2] не соответствуют требованиям относительно создания комбинированных систем стойких к несанкционированному дешифрированию. Это обусловлено такими проблемными недостатками как:

- наличие остаточной и собственной избыточности в скрытом представлении изображений;
- отсутствием криптографических механизмов перемешивания и рассеивания;
- невозможность разделения информационной и служебной составляющей компрессионного представления;
- наличие зависимости служебной части от информационной;
- отсутствие значимого влияния служебной компоненты на информационную;
- зависимость технологической структуры компрессионного представления от их степени насыщенности;
- снижение коэффициента сжатия в зависимости от повышения степени насыщенности изображения.

Поэтому необходимо разработать систему компрессии на принципиально новой основе. Одним из таких подходов является организация систем сжатия на основе полиадического кодирования [3 – 6].

**Цель статьи** – разработка методологии построения криптокомпрессионного представления изображений на основе систем полиадического кодирования.

### Основная часть

Рассмотрим классификацию кодограмм полиадического представления по их информационной компоненте.

*Принцип относительного выявления закономерностей.* В процессе формирования полиадических кодовых конструкций выявление служебных данных  $P_{\text{син}}$  (система оснований  $G$ ) организуется адаптивно по комбинированному апостериорному принципу, а именно:

- сведения о типе комбинаторной модели оценки информативности задаются на этапе проектирования систем компрессии;
- конкретные значения ограничений на динамический диапазон элементов двумерных

полиадических чисел (ДПЧ), т.е. параметры информационной модели, являются апостериорными. Такие параметры формируются в процессе обработки изображений.

*Принцип технологического построения информационной части кодовой конструкции сжатого представления.* Формирование информационной части полиадического кода проводится с позиции криптографических преобразований по комбинированному принципу. В этом случае в процессе кодирования совместно используются механизмы сжимающей подстановки и перестановки с компрессией.

Для полиадического кодирования правило формирования кода характеризуется следующими особенностями:

1) код информационной части формируется для последовательности элементов фрагмента изображения (полиадического числа). Значит, в процессе полиадического кодирования реализуется принцип векторных подстановок;

2) код-номер формируется для всех элементов полиадического числа в независимости от класса обрабатываемых изображений, т.е. реализуется блочная схема кодирования структурированного (устойчивого) типа.

Перестановки реализуются на всю глубину обрабатываемых последовательностей на следующих уровнях:

- на физическом уровне – как процесс кодообразования для значения кода-номера полиадического числа;

- на логическом или уровне элементов алфавита скрываемого фрагмента – как формирование кода-номера для последовательности элементов открытого фрагмента изображения путем их неравновесного перемешивания;

- на семантическом или на фрагментарном уровне – как возможность образования кода-номера для всего фрагмента изображения;

*Принцип наличия остаточной избыточности в информационной части на логическом (семантическом) и кодовом (физическом) уровнях.* В результате полиадического кодирования сокращаются следующие виды пространственной (внутрикадровой) избыточности:

1) комбинаторная – в результате представления фрагмента изображения как перестановка с повторениями, на элементы которых наложены ограничения на динамический диапазон;

2) вероятностно-статистическая обусловлена тем, что в результате наложения ограничений на динамический диапазон элементов полиадического числа достигается снижение частоты появления последовательности элементов с заданной спецификацией.

3) психовизуальная избыточность. Здесь понимается то, что найдутся такие различные перестановки элементов изображения, которые будут восприниматься визуалью одинаково. Следовательно, устранения определенного количества таких комбинаций в результате полиадического кодирования способствует сокращению количества психовизуальной избыточности.

4) структурная избыточность, вызванная тем, что сокращается количество допустимых структурных объектов, которые можно связать определенной закономерностью.

Относительно наличия количества остаточной избыточности в информационной части полиадической кодовой конструкции следует сделать такие заключения:

- по информационной части исключается возможность реконструкции (дешифрирования) значимых семантических признаков исходного фрагмента;

- устранены закономерности, указывающие на структурные компоненты исходного фрагмента изображения;

- отсутствуют вероятностно-статистические закономерности об открытом фрагменте изображения, поскольку длина полиадического кода не зависит от вероятностно-статистических закономерностей элементов обрабатываемого фрагмента;

- в кодовом представлении информационной части исключается возможность определения структурных закономерностей. Это обусловлено тем, что коды имеют равномерную длину, отсутствуют маркерные разделители, указатели на ту часть компрессиограммы, в которой содержится информация об основаниях ДПЧ, нет позиционного соответствия с элементами открытого фрагмента.

Значит, для полиадических кодовых конструкций количество остаточной и собственной избыточностей сведено к минимуму. Поэтому криптокомпрессионное представление на основе полиадических кодовых конструкций имеет наибольший уровень сложности относительно несанкционированного дешифрирования скрытого изображения.

*Четвертый принцип степени зависимости информационной от служебной составляющей G кодограммы.* Рассмотрим данный принцип по соответствующим категориям:

1) основания ДПЧ оказывают значимое влияние на процесс формирование кода-номера через механизм построения весовых коэффициентов. При этом влияние оснований распространяется на кодовый, семантический в пространстве элементов, и семантический в пространстве фрагмента уровни процесса формирования информационной части кодограммы

2) процесс формирования и реконструкции

информационной части полиадического кода является одноканальным. Выполняется условие взаимоднозначного соответствия между вектором служебных данных и информационной частью. Другими словами для известного вектора оснований на основе полиадического кодирования можно получить только один код-номер. Наоборот, существует только один вектор оснований, с использованием которого по известному коду-номеру и оператору обратного полиадического декодирования, можно получить исходный фрагмент. Значит, существует только один вектор служебных данных, обеспечивающий доступ к видеоинформационному ресурсу. Отсюда полиадическое кодирование удовлетворяет категории идентичности.

3) информационная часть, содержащая значение кода-номера и служебная часть содержащая вектор оснований являются однозначно разделимыми. Значит, обеспечивается категория декомпозиции. Длина вектора служебных данных определяется по количеству оснований в ДПЧ. Соответственно граница информационной части определяется на основе известной информации о количестве и значениях оснований элементов ДПЧ, для которых он был сформирован.

Рассмотрим классификацию кодовых конструкций полиадических преобразований по их служебной составляющей. Важным принципом формирования служебной части компрессиограмм является степень информативности служебных данных относительно скрываемого изображения и информационной части его компактного представления. Данный принцип раскладывается на следующие составляющие:

1. Закономерности, в соответствии с которыми строятся системы служебных данных, имеют комбинированный характер. Основания элементов ДПЧ несут информацию об исходном и сжатом представлении фрагмента. Информация об исходном изображении это в первую очередь семантически важные составляющие, включая информацию о яркостной и низкочастотной составляющих фрагмента, о крупных объектах и контурах, вплоть до полного семантического соответствия исходному фрагменту.

Кроме того, служебные данные полиадического представления характеризуют информацию о мощности алфавита источника фрагментов изображения.

Информация о сжатом представлении это информация о длине информационной части. Закономерности, описываемые служебными данными относительно сжатого представления, имеют кодово-структурный характер. Сюда относится такая адресно-кодированная информация как указание на длину кодового эквивалента для ДПЧ и границы кодограмм соседних полиадических чисел.

2. Зависимость служебной части

компрессиограммы от информационной полностью исключена. Основания полиадических чисел выявляются в независимости от процесса построения их кодовых эквивалентов.

3. Система оснований в процессе полиадического кодирования может выявляться для таких типов структур видеоданных как: одномерные последовательности (одномерное полиадическое число 1-D) и двумерные блоки (двумерное полиадическое число 2-D).

4. Служебные данные полиадического представления имеют двумерную структуру и соответствуют комбинированному типу, т.е. содержат информацию о значимых семантических и кодово-структурных закономерностях, как исходного изображения, так и его компактного описания.

Рассмотрим третий классификационный признак служебной составляющей компрессиограмм, а именно степень (уровень) значимости влияния на формирование и реконструкцию информационной части кодограммы сжатого представления. Данный признак базируется на двух составляющих:

1) система оснований полиадического представления формируется с учетом содержания скрываемых фрагментов, т.е. служебные данные являются адаптивными. Основания выявляются для каждого обрабатываемого фрагмента в отдельности;

2) двумерное полиадическое число по заданной информационной части (коду-номеру) может быть реконструировано, только на основе одной комбинации системы оснований. Поэтому служебные данные являются взаимоднозначными или безизбыточными.

Таким образом, система оснований полиадического описания соответствует высокому уровню влияния на формирование и реконструкцию информационной части компрессиограммы.

На основе адаптивного формирования системы оснований полиадических чисел обеспечивается выявление семантических составляющих для каждого фрагмента скрываемого изображения. При этом объем такой составляющей значительно меньше, чем объем исходного изображения.

В результате криптокомпрессионного преобразования на основе полиадических кодовых конструкций обеспечивается:

1. Энергетическая скрытность. Достигается за счет того, что:

- снижается битовый объем, необходимый для передачи видеоинформации;
- в случае несанкционированного дешифрирования изображения происходит эффект пропадания значительной части энергии видеосигнала.

Достигается скрытие значительной части энергии видеосигнала в результате ошибочно подобранных оснований ДПЧ для их реконструкции.

2. Структурная скрытность, которая достигается за счет того, что используются векторные подстановки для неизвестного количества элементов исходного изображения, а структура двоичного кода зависит от содержания обрабатываемых фрагментов. В этом случае исключается возможность распознавания в битовом потоке позиции и длины как служебной, так и информационной составляющих.

3. Информационная скрытность. Такая возможность достигается в результате маскирующих свойств полиадического представления, в результате чего происходит скрытие как семантически важных признаков, так и всего изображения в целом.

4. Временная скрытность, достигаемая как результат сокращения времени передачи сжатого видеосигнала по каналам связи.

### Выводы

Предлагается организовывать построение криптокомпрессионного представления изображений на основе систем полиадического кодирования.

В основе такого подхода лежит наличие для полиадических кодовых конструкций следующих свойств:

- обеспечение минимального уровня степени сжатия в независимости от коэффициента концентрации мелких деталей в изображении;
- устойчивость структуры кодовых конструкций к изменению степени насыщенности изображений;
- отсутствие остаточной избыточности для информационных составляющих, и наоборот наличие семантической избыточности для служебных составляющих компрессиограммы;
- разделимость информационной и служебной составляющей и наличие значимой асимметричной зависимости первой от второй;
- возможность реализации сжимающих векторных подстановок и перестановок на всю видеопоследовательность.

### Литература

1. Миано Дж. Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии: учебное пособие / Дж. Миано; пер. с англ. – М.: Триумф, 2003. – 336 с.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1073 с.
3. Баранник В.В. Методология создания криптографических преобразований на базе методов исключающих избыточность / В.В. Баранник, С.А. Сидченко, В.В. Ларин // Сучасна спеціальна техніка. – 2009. – №4. – С. 5-17.
4. Королева Н.А. Обоснование комбинированной системы сжатия и шифрования видеоданных в инфокоммуникационных системах /

В.В. Баранник, С.А. Сидченко, В.В. Ларин // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Х.: УкрДАЗТ. – 2010. – Вип. 116. – С. 61-65.

5. Barannik V.V. The Model of Avalanche – relating effect in the process of images reconstruction in the combined cryptosemantic systems on the base of Polyadic presentation / V.V. Barannik, S.A. Sidchenko, V.V. Larin // Наукоємні технології. – Київ: Національний авіаційний університет, науковий журнал. – 2010. – № 1(5). – С. 68-70.
6. Баранник В.В. Метод криптосемантического представления изображений на основе комбинированного подхода / В.В. Баранник, С.А. Сидченко, В.В. Ларин // Сучасна спеціальна техніка. – Київ: МВС ДНДІ науково – практичний журнал. – 2010 – Вип. 3 (22). – С. 33-38.

**Баранник В.В., Сидченко С.О., Тупиця І.М., Королева Н.А. Методологія позиціонування поліадичних кодових конструкцій на основі класифікуючих ознак в системі криптокомпресійного представлення.** Розроблено методологію побудови криптокомпресійного представлення зображень на основі систем поліадичного кодування. В основі такого підходу лежить наявність для поліадичних кодових конструкцій наступних властивостей: забезпечення мінімального рівня ступеню стиснення незалежно від коефіцієнта концентрації дрібних деталей у зображенні; стійкість структури кодових конструкцій до зміни ступеню насиченості зображень; відсутність залишкової надмірності для інформаційних складових, і навпаки наявність семантичної надмірності для службових складових компресіограми; розділення інформаційної та службової складової та наявність значущої асиметричної залежності першої від другої; можливість реалізації стискаючих векторних підстановок і перестановок на всю відеопослідовність.  
**Ключові слова:** двовимірне поліадичне число, поліадичні кодові конструкції, кодування, стиснення зображень.

**Barannik V.V., Sidchenko S.A., Tupitsya I.M., Koroleva N.A. The methodology of polyadic code constructions positioning on the basis of classification criterion in the system of cryptocompressive representation.** The methodology for constructing cryptocompressive image representation on the basis of the polyadic coding systems has been worked out. The following characteristics form the basics of this approach: ensuring a minimum level of compression ratio, regardless of the concentration factor of an image small details; the resistance of code construction structure to the change of image saturation degree; the absence of residual

redundancy for informational components; and conversely, the presence of semantic redundancy for service components of compressiongram; the separation of information and service components; the presence of significant asymmetric dependence of the former on the latter; the possibility of realization of contracting vector substitutions and permutations of the entire video sequence. The classification of the codegrams of the polyadic representation according to their information component has been presented. It is the following: the principle of relative identification of patterns, the principle of technological plotting of the information part of the code structure of compressed representation, the principle of availability of a residual redundancy in the information part on logical (semantic) and code (physical) levels, the principle of the degree of the dependence of information upon service components of a codegram. An important principle of the formation of the official part of the compressiongrams is the degree of information content of the service data, regarding the concealed image and information part of its compact representation.

**Key words:** two – dimensional polyadic number, polyadic code systems, coding, image compression.

Рецензент д.т.н., професор Алешин Г.В.  
(УкрГУЖТ)

*Поступила 26.06.2015г.*

**Бараннік В.В.**, доктор технічних наук, професор, начальник кафедри Харківського університету Повітряних Сил, Харків, Україна.

**Сідченко С.О.**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник наукового центру Харківського університету Повітряних Сил, Харків, Україна.

**Тулиця І.М.**, заступник начальника навчально-тренувального комплексу Харківського університету Повітряних Сил, Харків, Україна.

**Корольова Н.А.**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортного зв'язку Українського державного університету залізничного транспорту, Харків, Україна.

**Barannik V.V.**, doctor of sciences by technical, professor, chief of department of the Kharkov university of Air Force, Kharkiv, Ukraine.

**Sidchenko S.A.**, philosophy doctor by technical, senior research worker, senior research worker of scientific center of the Kharkov university of Air Force, Kharkiv, Ukraine.

**Tupitsya I.M.**, Dep.chief of educational-training centre of the Kharkov university of Air Force, Kharkiv, Ukraine.

**Koroleva N.A.**, candidate of techn. sciences, docent of Department "Transport connection", Ukrainian State University Railway Transport, Kharkiv, Ukraine.