

БАРАННИК В.В., д-р техн. наук, профессор (Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба),
ПОДЛЕСНЫЙ С.А., начальник отделения (Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба),
СТАСЕВ С.Ю., соискатель (Харьковский национальный университет радиоэлектроники),
ШУЛЬГИН С.С., соискатель (Национальный авиационный университет)

Метод сокращения избыточности трансформанты аэрофотоснимка в маскированном пространстве

В статье были рассмотрены существующие технологии обработки изображений. Была исследована возможность уменьшения комбинаторной избыточности путем применения квантования представления трансформанты. Разработана технология квантования массива раздельного представления с дополнительной матрицей признаков. Это приводит к устранению дополнительного количества структурной избыточности в частотном пространстве. Происходит дальнейшее развитие метода квантования массивов раздельного представления на основе взвешенного порога. Отличительные особенности от других подходов состоит в применение матрицы признаков для элементов, что приводит к понижению нижней границы дифференциального пространства. Получил дальнейшее развитие метод обработки изображений с контролируемой потерей их качества на основе предварительного разделения. При этом отличительные характеристики относительно других методов заключаются в формировании одномерных кодов по блочной схеме в двумерном квантованном пространстве с применением матрицы признаков. Такой подход позволит уменьшить временные затраты на доставку аэрофотоснимка при заданных условиях относительно ее соответствия восстановленного изображения исходному.

Ключевые слова: аэромониторинг, обработка, структурное кодирование, метод, избыточность.

Введение

Развитие информационных технологий привело к широкому распространению в государственных структурах систем наблюдения [1]. Ярким примером этого является использование в Министерстве обороны Украины систем аэромониторинга с помощью беспилотных летательных аппаратов. Цель осуществления наблюдения состоит в получении видовых изображений местности с помощью аэрофотографирования. В силу важности содержания полученного изображения, возникает проблема уменьшения временных затрат на обработку и доведение данных аэрофотоснимка и поддержания необходимого уровня соответствия восстановленного изображения исходному [2]. В ходе выполнения обработки аэрофотоснимков математически представляют как двумерный сигнал с некоторой информационной интенсивностью [3].

Для решения поставленной задачи необходимо рассмотреть существующие технологии обработки аэрофотоснимков. Статистическое кодирование (использование кодов переменной длины) применяются в таких технологиях как JPEG, JPEG2000 [4]. Недостатком данных технологий является

невозможность определения до момента приема потока данных значение информационной интенсивности. В тоже время, для случая применения структурного кодирования, служебная информация о векторе оснований путем формирования вектора-столбца взвешенных коэффициентов определяет максимальное значение и соответственно длину кода-номера [5]. Также при этом происходит уменьшение количества разрядов на кодовое представление трансформанты сегмента изображения. В тоже время возникает проблема уменьшения временных затрат на доставку данных аэрофотоснимка с сильнонасыщенными фрагментами, которые характеризуются повышенной информационной интенсивностью.

Поэтому **цель данной статьи** заключается в сокращении комбинаторной избыточности представления трансформанты сегмента аэрофотоснимка.

1. Описание формирования структурного кода

В случае использования структурно-блочного кодирования в методе обработки аэрофотоснимков происходит уменьшение количества статистической избыточности. Результатом этого является формирование спектрального раздельно-нормированного пространства (СРНП) [6].

Процесс формирования кодовой последовательности описывается следующим порядком. Кодированию подлежат значения компонент трансформанты X . Они характеризуются динамическим диапазоном компонент $x_{k\lambda}$ в двухмерном пространстве с учетом диапазонов строк Δ_k и столбцов Δ_λ как величины $\Delta_{k\lambda}$:

$$\Delta_{k\lambda} = \min(x_{\lambda, \max} + 1; x_{k, \max} + 1),$$

где $\Delta_{k\lambda}$ - величина диапазона компоненты $x_{k\lambda}$, $\Delta_{\lambda, \max}$, $\Delta_{k, \max}$ - величина диапазона λ -го столбца, k -ой строки трансформанты X .

При одномерном кодировании для каждого столбца трансформанты формируется значение кода-номера согласно следующей формулы:

$$Z_\lambda = \sum_{i=1}^{\alpha} x_{i\lambda} \times o_i, \quad (1)$$

где $x_{i\lambda}$ - значение компоненты трансформанты для λ -го столбца, o_i - величина накопленного произведения для i оснований.

Само значение накопленного произведения определяется из значений $\Delta_{k, \max}$ величины диапазона k -ой строки трансформанты X согласно выражения:

$$o_i = \prod_{k=i+1}^{\alpha} \Delta_{k, \max}. \quad (2)$$

Анализ формул (1) и (2) показывает, что для уменьшения значения кода-номера необходимо производить смещение значений компоненты трансформанты и ее динамического диапазона.

Поэтому для дополнительного сокращения объемов сжатых аэрофотоснимков предлагается использовать их квантование, которое образуется при выявлении компонент трансформанты с высоким динамическим диапазоном значений.

2. Описание алгоритма квантования представления трансформанты

При квантовании происходит распределение исходного массива раздельного представления

$X = \{x_{k\lambda}\}$ на две составляющие $X^{(0)}$ и $X^{(1)}$. Принадлежность к данным составляющим определяется отношением величины $\Delta_{k\lambda}$ одному из двух уровней динамического диапазона массива дифференциального представления, т.е.

$$X \xrightarrow{S(x)_{\text{пор}}} \{X^{(0)}; X^{(1)}\},$$

где $X^{(0)}$, $X^{(1)}$ - составляющие массива раздельного представления, в состав которых входят соответственно элементы нижнего и верхнего квантованных уровней.

Определение порогового значения предлагается производить по формуле

$$S(x)_{\text{пор}} = \frac{\sum_{k=1}^{\alpha} \sum_{\lambda=1}^{\beta} \Delta_{k\lambda}}{\alpha\beta}. \quad (3)$$

Квантование в массивах дифференциального представления возникает вследствие комбинированного подхода в процессе его формирования. В результате этого формируется динамический диапазон массива раздельного дифференциального представления, структура которого имеет минимум две градации. Из этого следует, что при квантовании происходит устранение структурной избыточности.

Для чего предлагается проводить квантование массивов раздельного представления (МРП).

В этом случае возможно устранение недостатка, причина возникновения которого состоит в высоком динамическом диапазоне отдельных элементов массива дифференциального представления. Это достигается за счет следующих характеристик составляющей $X^{(1)}$ верхнего квантованного уровня:

- в массив верхнего диапазонного уровня квантованного представления входят элементы, которым соответствуют перепады на границе контура и основного фона фрагмента аэрофотоснимка;
- для элементов, которым соответствует граница контура и основного фона фрагмента аэрофотоснимка, характерный однородный динамический диапазон.

Данные характеристики используются в раздельном описании составляющей верхнего квантованного уровня. При раздельном представлении массивов верхнего диапазонного уровня элементы массива представляются как двумерные позиционные числа в разностном пространстве. При этом код массива $X^{(1)}$ будет определяться относительно кода числа, которое соответствует минимальному уровню $V^{(2)}$ раздельного пространства.

При этом данный вариант квантования массива РП имеет следующий недостаток. Это связано с возможностью соблюдения условия, при котором диапазон значений элемента $x_{k\lambda}$ МПД будет выше порогового значения квантования $S(x)_{\text{пор}}$. В то же время существует вероятность, что само значение элемента будет ниже порогового значения. Это связано с возможностью существования значений на пересечении строки Δ_k и столбца Δ_λ , которые превышают значения самого $x_{k\lambda}$, т.е.

$$x_{k\lambda} \ll \Delta_{k,\max} - 1 \text{ или } x_{k\lambda} \ll \Delta_{\lambda,\max} - 1, \quad (4)$$

В результате предоставляется возможность снижения минимальной границы в массиве верхнего квантованного уровня вплоть до нулевого уровня. При

этом ухудшаются характеристики по сокращению комбинаторной избыточности при раздельном кодировании массива верхнего квантованного уровня.

Это приводит к уменьшению количества устраняемой в результате квантования избыточности, т.е. снижается степень сжатия.

Для устранения данного недостатка предлагается проводить квантование массива верхнего уровня $X^{(1)}$ с дополнительным применением матрицы признаков $\text{Matrix}^{(2)}$, что идентифицирует элементы, для которых справедливы следующие условия:

$$\Delta_{k\lambda} > S(x)_{\text{пор}} \text{ и } x_{k\lambda} < S(x)_{\text{пор}} \quad (5)$$

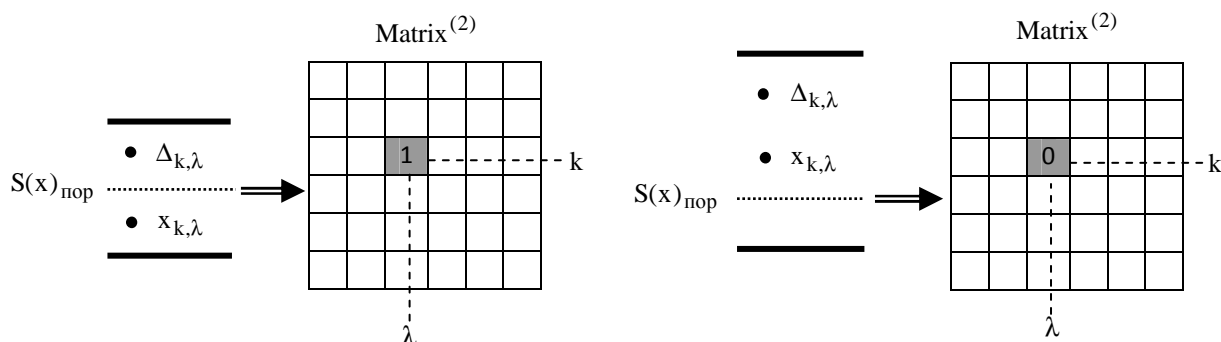


Рис. 1. Схема формирования матрицы признаков элементов массива раздельного представления в процессе квантования

Значение «1» определяет позицию элемента массива дифференциального представления, где выполняется условие (5).

В остальных случаях в соответствующей позиции в матрице признаков будет стоять ноль.

Формула, описывающее содержание матрицы признаков $\text{Matrix}^{(2)}$, задается следующим образом:

$$\text{matrix}_{k\lambda} = \begin{cases} 0, \rightarrow \Delta_{k\lambda} > S(x)_{\text{пор}} \text{ \& } x_{k\lambda} \geq S(x)_{\text{пор}}; \\ 1, \rightarrow \Delta_{k\lambda} > S(x)_{\text{пор}} \text{ \& } x_{k\lambda} < S(x)_{\text{пор}}, \end{cases} \quad (6)$$

Также предлагается учитывать минимальные значения в каждой строке массива верхнего квантованного уровня в процессе формирования минимального уровня раздельного пространства. При этом образуется вектор минимальных значений в строках, $V = \{v_1, \dots, v_\beta\}$. Значение величины v_i рассчитывается как минимальное значение в i -й

строке массива $X^{(1)}$, т.е.

$$v_i = \min_{1 \leq j \leq \beta} \{X_{ij}^{(1)}\}, \quad i = \overline{1, \alpha}. \quad (7)$$

Определение минимальных значений для каждой строки позволяет учесть особенности динамических диапазонов на границах объектов аэрофотоснимка.

В результате этого достигается смещение от исходного динамического диапазона массива $X^{(1)}$ к пониженному динамическому диапазону, который задается вектором ограничений Dist . Значение элемента вектора dist_i – разность между максимальным $\Delta_i^{(1)}$ и минимальным v_i значениями в i -й строке массива $X^{(1)}$ верхнего квантованного уровня, т.е.

$$\text{dist}_i = \Delta_i^{(1)} - v_i. \quad (8)$$

Нижний уровень $V^{(2)}$ двумерного раздельного пространства рассчитывается, базируясь на значения элементов вектора $V = \{v_1, \dots, v_m\}$. Элементы нижнего уровня $V^{(2)}$ задаются ограничениями на динамический диапазон верхнего квантованного уровня.

Происходит объединение составляющих квантованных уровней в единый массив. По итогам чего формируется композиционное представление квантованного массива раздельного представления в двумерном пространстве. Смысл композиции состоит в распределении элементов массивов $X^{(0)}$, $\bar{X}^{(1)}$ на исходные позиции в массиве X раздельного представления. При композиции применяется информация о диапазонах $\Delta'_{k\lambda}$ массива РП. При объединении формируется композиционный массив X'' , $X'' = \{x''_{k,\lambda}\}$. Элементы данного массива составляют собой композиционное квантованное число в двумерном пространстве.

Упорядочивание составляющих квантованных уровней в единый массив приводит к увеличению области кодируемых элементов. Результатом этого является большее количество потенциально устранимой структурно-комбинаторной избыточности.

Второй механизм процесса эффективного кодирования заключается в одномерном кодировании по блочной схеме. Для его выполнения необходимо определить код для композиционных квантованных с матрицей признаков чисел в двумерном пространстве.

Определение значений квантованных с матрицей признаков композиционных чисел в пространстве описывается следующей системой уравнений:

$$x''_{k,\lambda} = \begin{cases} x'^{(0)}_{k\lambda}; \Delta_{k\lambda}^{(0)} = \Delta_{k\lambda}, \rightarrow \Delta'_{k\lambda} \leq S(x')_{\text{пор}}; \\ x'^{(0)}_{k\lambda}; \Delta_{k\lambda}^{(0)} = S(x')_{\text{пор}}, \rightarrow x'_{k,\lambda} < S(x')_{\text{пор}}; \\ x'^{(1)}_{k\lambda} - v_i; \Delta_{k\lambda}^{(1)} = \Delta_{k\lambda}^{(1)} - v_i. \end{cases} \quad (9)$$

Здесь $x''_{k,\lambda}$ - $(k;\lambda)$ -й элемент квантованного с матрицей признаков композиционного числа в двумерном пространстве.

Процесс вычисления кода в квантованном с матрицей признаков пространстве выполняется одновременно для элементов двух квантованных уровней с учетом применения матрицы признаков и дифференциального преобразования составляющей верхнего динамического уровня. В результате чего к динамическим диапазонам элементов $x''_{k,\lambda}$ возможно применение трех типов коррекций относительно системы оснований двумерного пространства.

Содержание кода описывает структурную сложность фрагмента аэрофотоснимка. Значение кода будет обратно пропорционально площади статических по яркости элементов фрагмента аэрофотоснимка.

При этом структурная сложность аэрофотоснимка заранее неизвестна. Это приводит к тому, что в процессе обработки разных фрагментов аэрофотоснимка будут сформированы различные значения кодов. В результате чего различные значения кодов будут определяться структурным содержанием композиционных массивов.

При этом для фиксированной длины КПМ соответствие между длиной его кодового слова и структурными сложностью композиционного квантованного числа может быть нарушено. Это может привести к следующим последствиям: к снижению эффективности компрессии при формировании кодов для отдельных столбцов композиционного массива; к несоответствию восстановленного аэрофотоснимка исходному вследствие недостаточной длины кодового слова для отображения значения кода, который был сформирован сразу для всего композиционного массива. Как результат такая обработка приводит к уменьшению коэффициента сжатия или несоответствия восстановленного аэрофотоснимка исходному. После этого значение кода $Z^{(\lambda)}$ и длина $|Z^{(\lambda)}|_2$ кодовой комбинации будут формироваться и вычисляться для отдельных столбцов согласно порядка выполнения.

Выводы

В статье были рассмотрены существующие технологии обработки изображений. Была исследована возможность уменьшения комбинаторной избыточности путем применения квантования представления трансформанты.

Для нивелирования недостатка, который возникает в результате понижения нижней границы раздельного пространства, разработана технология квантования массива раздельного представления с дополнительной матрицей признаков. Это приводит к:

- увеличению нижней границы раздельного пространства массива верхнего квантованного уровня;

- уменьшению разброса значений элементов массива, которые относятся к нижнему квантованному уровню.

При этом упорядочивание составляющих квантованных уровней в единый массив приводит к увеличению количества кодируемых элементов. В результате наступает возможность устранения дополнительного количества структурной избыточности в частотном пространстве;

При этом происходит дальнейшее развитие

метода квантования массивов раздельного представления на основе взвешенного порога. Отличие от других подходов состоит в применении матрицы признаков для элементов, что приводит к понижению нижней границы дифференциального пространства. Это обеспечивает дополнительное сокращение избыточности, обусловленной структурой разделяемых изображений.

Также получил дальнейшее развитие метод обработки изображений с контролируемой потерей их качества на основе предварительного разделения. Отличительные характеристики относительно других методов заключаются в том, что формируются одномерные коды по блочной схеме в двумерном квантованном пространстве с применением матрицы признаков, образованной для комбинированного раздельного представления изображений. Это позволяет уменьшить временные затраты на доставку аэрофотоснимка при заданных условиях относительно ее соответствия восстановленного изображения исходному.

Направление дальнейших исследований – разработка метод обработки аэрофотоснимков, учитывающий их структурную насыщенность и применяющий квантование массивов раздельного представления в двумерном пространстве с матрицей признаков.

Список литературы

1. В.В. Баранник, С.А. Підлісний. Аналіз дії кібератак на відео інформаційний ресурс в інформаційно-телекомунікаційних мережах [Текст] // АСУ та прилади автоматики: науково-технічний збірник. – Вип. 164. – Х.: ХНУРЕ. – 2014. – С. 16-22.
2. Баранник В.В. Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах [Текст] / В.В. Баранник, В.П. Поляков. Х.: ХУПС, 2010. 212 с.
3. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. [Текст] / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. СПб.: Питер, 2006. 958 с.
4. Красильников Н.Н. Цифровая обработка изображений. [Текст] / М.: Вузовская книга, 2011. 320 с.
5. Баранник В.В. Метод сжатия изображений на основе неравновесного позиционного кодирования битовых плоскостей [Текст] / В.В. Баранник, Н.К. Гулак, Н.А. Королева // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. Х.: ХНАУ "ХАІ", 2009. Вип. 1. С. 55–61.
6. Баранник В.В. Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах [Текст] / В.В. Баранник, В.П. Поляков. Х.: ХУПС, 2010. 212 с.

В.В. Баранник, С.А. Підлісний, С.Ю. Стасєв, С.С. Шульгін. Метод скорочення надлишковості трансформанти аерофотознімку у маскованому просторі. У статті були розглянуті існуючі технології обробки зображень. Була досліджена можливість зменшення комбінаторної надмірності шляхом застосування квантування подання трансформанти. Розроблено технологію квантування масиву роздільного представлення з додатковою матрицею ознак. Це призводить до усунення додаткової кількості структурної надмірності в частотному просторі. Відбувається подальший розвиток методу квантування масивів роздільного подання на основі зваженого порогу. Відмінні риси від інших підходів полягає в застосуванні матриці ознак для елементів, що призводить до зниження нижньої границі диференційного простору. Отримав подальший розвиток метод обробки зображень з контрольованою втратою їх якості на основі попереднього поділу. При цьому відмінні характеристики щодо інших методів полягають у формуванні одновимірних кодів за блочною схемою у двохвимірному квантованому просторі із застосуванням матриці ознак. Такий підхід дозволить зменшити тимчасові витрати на доставку аерофотознімку при заданих умовах відносно її відповідності відновленого зображення вихідному.

Ключові слова: аеромоніторинг, обробка, структурне кодування, метод, надмірність.

V.V. Barannik, S.A. Podlesny, S.Yu. Stasev, S.S. Shulgin. Method of redundancy of aerial photograph transformant reduction in the masked space. In article the existing technologies of processing of images have been considered. The possibility of reduction of combinatory redundancy by using of quantization of transformant representation has been investigated. The technology of quantization of the array of separate representation with an additional matrix of signs is developed. It leads to elimination of additional amount of structural redundancy in frequency space. There is a further development of a method of quantization of arrays of separate representation on the basis of the weighed bound. Distinctive features from other approaches consists in application of a matrix of signs for elements that leads to decrease in the lower bound of differential space. The method of processing of images with controlled loss of their quality on the basis of preliminary division has gained further development. At the same time distinctive characteristics concerning other methods consist in formation of one-dimensional codes according to the block scheme in two-dimensional quantized space with application of a matrix of signs. Such approach will allow to reduce time expenditure by delivery of an aerial photograph under the set conditions concerning its

compliance of the restored image to initial.

Keywords: aeromonitoring, processing, structural coding, method, redundancy.

Рецензент д-р техн. наук, проф. В.М. Безрук
(Харьковский национальный университет
радиоэлектроники)

Надійшла 30.09.2016 р.

Бараннік Володимир Вікторович, д-р техн. наук, професор, начальник кафедри Харківського університету Повітряних Сил. Наукові інтереси: кодування і захист інформації для передачі в телекомунікаційних системах. Адреса: Україна, 61023, Харків, вул. Сумська, 77/79. E-mail: barannik_v_v@mail.ru.

Підлісний Сергій Анатолійович, начальник відділення Харківського університету Повітряних Сил. Адреса: Україна, 61023, Харків, вул. Сумська, 77/79. E-mail: serg380638472732@gmail.com.

Стасєв Сергій Юрійович, здобувач Харківського національного університету радіоелектроніки. Адреса: Харків, Проспект науки, 14.

Шульгін Сергій Сергійович, здобувач Національного авіаційного університету. Адреса: Україна, 61023, Харків, вул. Сумська, 77/79.

Barannik Vladimir Victorovich, dr. of TS. sciences, professor, chief of department of the Kharkov university of Aircrafts. Scientific interests: encryption and defence of information for a transmission in the telecommunication systems. Address: Ukraine, 61023, Kharkiv, street Sumy, 77/79. E- mail: barannik v v@mail.ru

Podlesniy Sergey Anatolievich, head of department of the Kharkov university of Aircrafts. Address: Ukraine, 61023, Kharkiv, street Sumy, 77/79. E-mail: serg380638472732@gmail.com.

Stasev Sergey Yurievich, competitor Kharkiv National University of Radioelectronics. Address: Kharkov, Nauka Ave, 14.

Shulgin Sergey Sergeevich, National Aviation University. Address: Ukraine, 61023, Kharkiv, street Sumy, 77/79.