

ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КВАНТОВАННОГО ОПИСАНИЯ ТРАНСФОРМАНТЫ СЕГМЕНТА АЭРОФОТОСНИМКА

Рассматриваются существующие технологии обработки изображений с применением структурного кодирования. Указывается на наличие противоречия между необходимостью уменьшать информационную интенсивность для фрагментов с сильной насыщенностью и поддержания соответствия восстановленных фрагментов исходному аэрофотоснимку. Предлагается производить квантование описания трансформанты сегмента аэрофотоснимка по отношению значения элемента вектора оснований к некоторому пороговому значению. Обосновывается сокращение комбинаторной избыточности в результате применения представления массива верхнего квантованного уровня в раздельном пространстве.

1. Введение

В целях улучшения качества системы управления в государственных структурах происходит активное внедрение систем наблюдения [1], поэтому в ведомственных организациях, особенно в Министерстве обороны Украины, широко распространяются системы аэромониторинга с использованием беспилотных летательных аппаратов. В результате наблюдения получают видовые изображения местности с помощью аэрофотографирования. В силу важности содержания полученного изображения возникает необходимость максимально снизить временные затраты на обработку и доведение данных аэрофотоснимка в условиях поддержки необходимого уровня соответствия восстановленного изображения исходному [2]. В процессе обработки аэрофотоснимков в разнообразных специализированных устройствах применяют математическое описание изображения как двумерного сигнала, который характеризуется объемом информации [3].

Чтобы обосновать вариант решения поставленной задачи, необходимо рассмотреть существующие технологии обработки аэрофотоснимков. Такие технологии как JPEG, JPEG2000 используют сжатие на базе статистического кодирования (кодов переменной длины) [4]. Для данных технологий не представляется возможным определить до момента приема потока данных значение информационной интенсивности. Напротив, в случае применения структурного кодирования из служебной информации о векторе оснований путем формирования вектора-столбца взвешенных коэффициентов задается максимальное значение и соответственно длина кода-номера. Такая схема кодирования приводит к снижению количества разрядов на кодовое представление массивов видеоданных. Важным свойством полиадических чисел является возможность вычисления кода для массива данных на основе аналитического выражения. При этом необходимо знать только значения элементов массива данных и значения компонент вектора оснований. Поэтому не требуется организовывать формирование таблицы допустимых чисел и проводить поиск в таблице необходимого индекса, соответствующего обрабатываемому числу.

В то же время возникает проблема уменьшения временных затрат на доставку данных аэрофотоснимка с сильнонасыщенными фрагментами, которые характеризуются повышенной информационной интенсивностью.

Цель работы заключается в обосновании подхода к формированию квантованного описания трансформанты сегмента аэрофотоснимка.

2. Основной материал

В результате обнаружения зависимостей неравномерностей динамических диапазонов и их ограниченности для аэрофотоснимков с различными параметрами структурной сложности предоставляется возможность уменьшить количество статистической избыточности

путем применения структурно-блочного кодирования в методе обработки аэрофотоснимков [5].

Для этого определяются параметры обработки при выполнении нормирования на основе параметров структурной сложности. Это приводит к образованию спектрального раздельно-нормированного пространства (СРНП) [6].

Значения компонент трансформанты $X^{(W)}$ характеризуются динамическим диапазоном компонент $x_{k\ell}$ в двухмерном пространстве с учетом диапазонов строк Δ_k и столбцов Δ_ℓ как величины $\Delta_{k\ell}$:

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

где $\Delta_{k\ell}$ – величина диапазона компоненты; $x_{k\ell}, \Delta_{\ell, \max}$ – величина диапазона ℓ -го столбца трансформанты X ; $\Delta_{k, \max}$ – величина диапазона k -й строки трансформанты X .

Для дополнительного сокращения объемов сжатых аэрофотоснимков предлагается использовать их квантование, которое образуется при выявлении компонент трансформанты с высоким динамическим диапазоном значений (рис. 1).

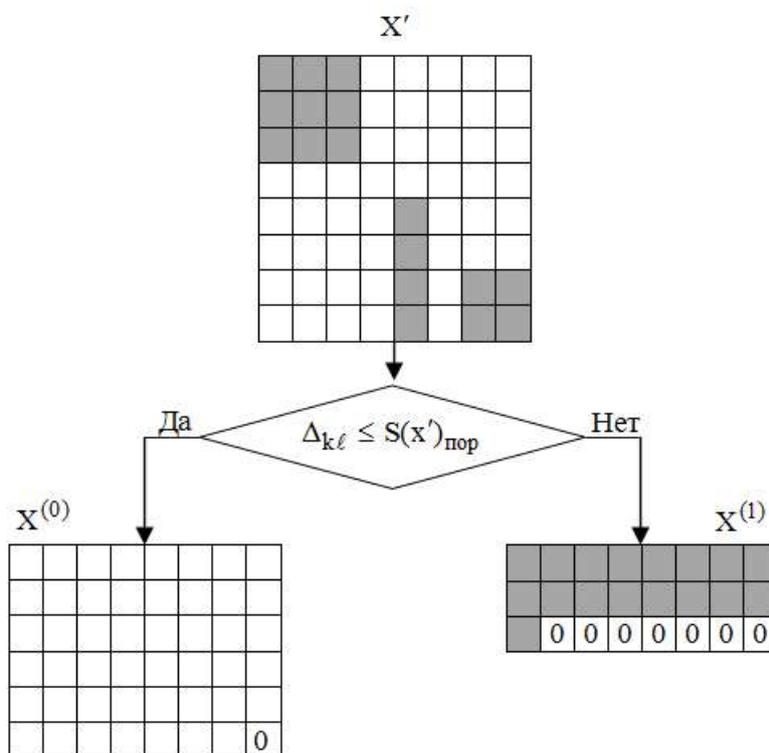


Рис. 1. Структурно-функциональная схема квантования массива раздельного представления

При квантовании происходит распределение исходного массива раздельного представления $X' = \{x'_{k\ell}\}$ на две составляющие $X^{(0)}$ и $X^{(1)}$. Принадлежность к данным составляющим определяется отношением величины $\Delta_{k\ell}$ 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.

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 этого 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 благодаря следующим характеристикам 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 (рис. 2).

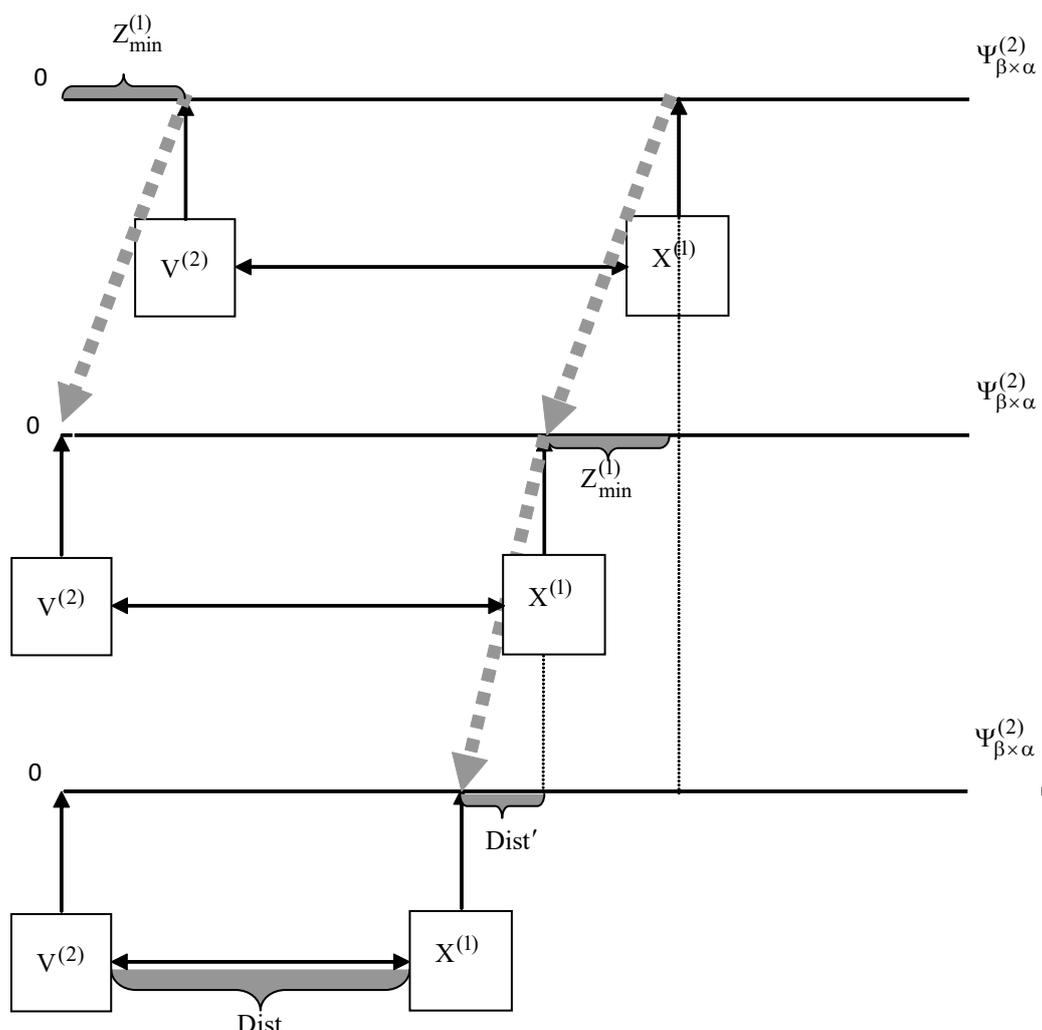


Рис. 2. Схема формирования элементов двумерного дифференциального неравновесного позиционного числа

В связи с этим 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, $V = \{v_1, \dots, v_\beta\}$. Величина v_i рассчитывается как минимальное значение в i -й строке массива $X^{(1)}$, т.е. $v_i = \min_{1 \leq j \leq \beta} \{X_{ij}^{(1)}\}$, $i = \overline{1, \alpha}$.

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 $Dist$, т.е. $Dist = \{dist_{1j}, \dots, dist_{\beta j}\}$. Здесь $dist_{ij}$ – разность между максимальным $\Delta_{ij}^{(1)}$ и минимальным v_i значениями в i -й строке массива $X^{(1)}$ верхнего квантованного уровня, т.е. $dist_{ij} = \Delta_{ij}^{(1)} - v_i$.

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

Принимая во внимание выражение (2), значение расстояния $Dist$ между текущим массивом $X^{(1)}$ и нижним уровнем $V^{(2)}$ двумерного числа рассчитывается согласно следующей формуле:

$$Dist = \sum_{i=1}^{\alpha} \sum_{j=1}^{\beta^{(1)}} (x_{ij}^{(1)} - v_i) \prod_{\xi=j+1}^{\beta^{(1)}} dist_{i\xi} \alpha \prod_{\gamma=i+1}^{\beta} \prod_{\xi=1}^{\alpha^{(1)}} dist_{\gamma\xi},$$

где $(x_{ij}^{(1)} - v_i) = \bar{x}_{ij}^{(1)}$ – значение смещения элементов текущего массива в нижний уровень двумерного ДНП, индекс позиции которых равняется $(i; j)$.

Обоснуем необходимость представления массива $X^{(1)}$ в двумерном раздельном пространстве. Для этого распишем значение кода $Z^{(1)}$ в исходном пространстве:

$$Z^{(1)} = \sum_{i=1}^{\alpha} \sum_{j=1}^{\beta^{(1)}} x_{ij}^{(1)} \prod_{\xi=j+1}^{\beta^{(1)}} \Delta_{i\xi}^{(1)} \prod_{\gamma=i+1}^{\alpha} \prod_{\xi=1}^{\beta^{(1)}} \Delta_{\gamma\xi}^{(1)}.$$

$$Dist = \sum_{i=1}^{\alpha} \sum_{j=1}^{\beta^{(1)}} (x_{ij}^{(1)} - v_i) \prod_{\xi=j+1}^{\beta^{(1)}} (\Delta_{i\xi}^{(1)} - v_i) \prod_{\gamma=i+1}^{\alpha} \prod_{\xi=1}^{\beta^{(1)}} (\Delta_{\gamma\xi}^{(1)} - v_\gamma).$$

Поскольку выполняются неравенства:

$$(x_{ij}^{(1)} - v_i) \leq x_{ij}^{(1)};$$

$$\prod_{\xi=j+1}^{\beta^{(1)}} (\Delta_{i\xi}^{(1)} - \mu_i) \prod_{\gamma=i+1}^{\alpha} \prod_{\xi=1}^{\beta^{(1)}} (\Delta_{\gamma\xi}^{(1)} - \mu_\gamma) \leq \prod_{\xi=j+1}^{\beta^{(1)}} \Delta_{i\xi}^{(1)} \prod_{\gamma=i+1}^{\alpha} \prod_{\xi=1}^{\beta^{(1)}} \Delta_{\gamma\xi}^{(1)},$$

то приходим к выражению: $Dist \leq Z^{(1)}$.

При этом код числа $Dist$ в раздельном пространстве, определяемый как относительное расстояние, будет меньше, чем разность между кодом числа $Z^{(1)}$ и кодом нижнего уровня $Z_{\min}^{(1)}$ в исходном квантованном пространстве, т.е.

$$Dist \leq Z^{(1)} - Z_{\min}^{(1)}. \quad (1)$$

Истинность выражения (1) доказывает тот факт, что использование представления массива элементов верхнего квантованного уровня в отдельном пространстве приводит к устранению комбинаторной избыточности, которое достигается:

– уменьшением разброса значений элементов верхнего квантованного уровня путем выявления минимальных значений, т.е. выполнения неравенств

$$(x_{ij}^{(1)} - v_i) \leq x_{ij}^{(1)} \text{ и } (\Delta_{ij}^{(1)} - v_i) \leq \Delta_{ij}^{(1)} ;$$

– сокращением количества чисел, для которых не соблюдается условие дифференциального пространства и которые предшествуют текущему числу.

Суммарное количество $\text{Numb}^{(2)}$ позиционных чисел, для которых выполняется условие в дифференциальном неравновесном пространстве, рассчитывается согласно следующему выражению:

$$\text{Numb}^{(2)} = \prod_1^{\alpha} \prod_{j=1}^{\beta^{(1)}} (\Delta_{ij}^{(1)} - v_i) . \quad (2)$$

Формула (2) указывает на сокращенную комбинаторную избыточность в результате применения представления массива верхнего квантованного уровня в отдельном пространстве. Это приводит к уменьшению временных затрат на доведение сильнонасыщенных фрагментов изображения.

3. Выводы

1) Разработан подход к формированию квантованного описания трансформанты сегмента аэрофотоснимка на основе двухуровневого представления динамического диапазона значений трансформанты, что позволяет сократить комбинаторную избыточность.

2) Обосновано, что использование представления массива элементов верхнего квантованного уровня в отдельном пространстве приводит к дополнительному сокращению комбинаторной избыточности, вследствие чего уменьшается время на доведение данных аэрофотоснимка.

3) Разработана модель оценки количества сокращенной комбинаторной избыточности на основе представления массива верхнего квантованного уровня в отдельном пространстве.

Список литературы: 1. Баранник В.В., Підлісний С.А. Аналіз дії кібератак на відео інформаційний ресурс в інформаційно-телекомунікаційних мережах // АСУ та прилади автоматики. 2014. Вип. 164. С. 16-22. 2. Баранник В.В. Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков. Х.: ХУПС, 2010. 212 с. 3. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. СПб.: Питер, 2006. 958 с. 4. Красильников Н.Н. Цифровая обработка изображений. М.: Вузовская книга, 2011. 320 с. 5. Баранник В.В. Метод сжатия изображений на основе неравновесного позиционного кодирования битовых плоскостей / 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 / В.В. Баранник, В.П. Поляков. Х.: ХУПС, 2010. 212 с.

Поступила в редколлегию 11.12.2015

Баранник Дмитрий Владимирович, студент факультета КИУ ХНУРЭ. Научные интересы: кодирование и защита информации для передачи в телекоммуникационных системах. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Науки, 14, e-mail: barannik_v_v@mail.ru.

Стасев Сергей Юрьевич, аспирант ХНУРЭ. Научные интересы: кодирование и защита информации для передачи в телекоммуникационных системах. Адрес: Украина, 61000, Харьков, ул. Сумская, 77/79. E-mail: barannik_v_v@mail.ru.

Медведев Денис Олегович, аспирант ХНУРЭ. Научные интересы: кодирование и защита информации для передачи в телекоммуникационных системах. Адрес: Украина, 61000, Харьков, ул. Сумская, 77/79. E-mail: barannik_v_v@mail.ru.