

УДК 621.321

МУСИЕНКО А.П., ад'юнкт (Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба)

Технология декодирования блоков аэрофотоснимка на основе восстановления компонент трансформант

Представляется метод восстановления компонент трансформант в технологии декодирования блоков аэрофотоснимка, который основывается на реконструкции последовательности значимых двухэлементных векторов. В статье излагается порядок и основные этапы восстановления обобщенных позиционных чисел в базе структурных ограничений трансформанты. Показывается декодирование двухэлементных векторов трансформанты. Представлены этапы двухиерархического декодирования последовательности значимых двухэлементных векторов. Показано, что предложенный метод декодирования позволяет восстановить трансформанты без внесения ошибок, обеспечив сохранение информации в блоках аэрофотоснимка о ключевых признаках дешифрирования.

Ключевые слова: компонента, трансформанта, последовательность, двухэлементный вектор, восстановление блоков, декодирование.

Вступление

Стремительное развитие цифровых оптико-электронных систем, используемых в бортовых беспилотных комплексах, диктует новые тенденции обработки в области цифровых изображений. В первую очередь это связано со значительным возрастанием объемов получаемой информации [1]. Во-вторых, ограничение пропускной способности существующих каналов связи приводит к временным задержкам передачи и доставки полезной информации с бортового комплекса на наземный [2]. Третьим аспектом является необходимость обеспечения требуемого уровня сохранения информации о ключевых признаках дешифрирования. Здесь речь идет о сохранении требуемого уровня достоверности, необходимого для проведения эффективного дешифрирования. Для решения возникнувших вопросов предлагается искать выход в усовершенствовании существующих технологий обработки изображений, а именно использование технологий снижения информационной интенсивности передаваемых данных с требуемым уровнем сохранения восстановленной информации. В связи с чем научно-прикладной задачей является уменьшение объема передаваемых данных на основе восстановления блоков аэрофотоснимка с сохранением требуемого уровня достоверности, необходимого для проведения дешифрирования.

Сформулированная задача решается с помощью разработки новых методов обработки и восстановления блоков аэрофотоснимка. В статьях [3, 4] излагается метод кодирования блоков аэрофотоснимка с учетом семантической важной информации. Метод основывается на предварительном трансформировании блоков аэрофотоснимка с последующей структуризацией трансформанты в одномерный вектор, который в дальнейшем формируется в последовательность двухэлементных векторов. Особенность разработанного метода состоит в применении схемы двухиерархического кодирования, где обработка блоков разной семантической насыщенности осуществляется в режиме установления значений параметра качества сохранения информации о дешифровочных признаках. При этом разработанный метод имеет ряд преимуществ относительно алгоритмов обработки изображений платформы JPEG. Однако необходимо учитывать и особенности построения способов восстановления изображений с сохранением значимой информации в изображениях. Здесь методы основываются на обратном преобразовании обработанных изображений с целью получения исходной информации с требуемым уровнем качества восстановления ключевых признаков дешифрирования.

Цель исследований состоит в создании технологии восстановления блоков аэрофотоснимка на основе декодирования кодов двухэлементных позиционных чисел.

Основная часть

Для разработки метода восстановления закодированных аэрофотоснимков необходимо учитывать следующие особенности:

1) восстанавливаемые блоки аэрофотоснимка разные по классу насыщенности контурной и текстурной информацией, поэтому в зависимости от параметра g качества сохраненной информации о ключевых признаках дешифрирования будет применяться и разная стратегия деквантования компонент;

2) структуризованная трансформанта представляется в виде последовательности $\hat{R}_{v_{вкр}}$ значимых двухэлементных векторов $\Xi_{\chi}^{(2)}$, где компонента q_{χ} - длина цепочки нулевых компонент; компонента b_{χ} - значение компоненты отличного от нулевого значения;

4) последовательность $\hat{R}_{v_{вкр}}$ значимых двухэлементных векторов $\Xi_{\chi}^{(2)}$ кодируется по двухиерархической схеме (в два этапа), а именно:

- первый этап характеризуется формированием двухэлементных векторов $\Xi_{\chi}^{(2)}$, путем выделения компонент q_{χ} и b_{χ} структуризованной трансформанты;

- второй этап состоит в построении кодовых значений $Z'(\Xi_{\chi}^{(2)})$ для отдельных двухэлементных позиционных чисел $\Xi_{\chi}^{(2)}$, а также формировании кодового представления $Z(S)$ как обобщенного позиционного числа.

Также здесь необходимо учитывать требования, которые предъявляются в процессе обработки двухэлементных векторов $\Xi_{\chi}^{(2)}$ структурных характеристик трансформанты:

- количество операций, затраченных на процесс восстановления блоков не должно превышать

$$Z'(\Xi_{\lambda_{\omega}}^{(2)}) = [Z(S)_{\lambda_{\omega}} / N(S^{(\chi)})] - [Z(S)_{\lambda_{\omega}} / \beta(q)\beta(b)N(S^{(\chi)})] \beta(q)\beta(b).$$

Шаг 3. Процесс декодирования на верхнем уровне останавливается, когда восстановлен последний элемент $Z(\Xi_{\lambda_{\omega}}^{(2)})$ для ОПЧ. В результате получается обобщенное позиционное число $S = \{Z'(\Xi_2^{(2)}); \dots; Z'(\Xi_{\chi}^{(2)}); \dots; Z'(\Xi_{v_{вкр}-1}^{(2)})\}$.

количества операций, затраченных на снижение объема передаваемых данных;

- исключение критического уровня потери информации для сильнонасыщенных блоков аэрофотоснимка;

- процесс восстановления блоков с приемлемым качеством изображения обеспечивается с учетом использования служебной части кодограммы;

- качество восстановленных аэрофотоснимков для конечного принятия решения по дешифрированию зависит от временных задержек доставки информации с борта летательного аппарата.

Построение метода восстановления блоков аэрофотоснимка на основе декодирования последовательности значимых двухэлементных векторов

Процесс декодирования проводится по двухиерархической схеме, а элементами обобщенных позиционных чисел являются кодовые значения $Z'(\Xi_{\chi}^{(2)})$ двухэлементных позиционных чисел, образованных для соответствующих векторов $\Xi_{\chi}^{(2)}$.

Вначале рассмотрим второй уровень декодирования обобщенных позиционных чисел, представленный следующими шагами (на примере обработки кода $Z(S)_{\lambda_{\omega}}$).

Шаг 1. Вычисление весового коэффициента $N(S^{(\chi)})$ для χ -го элемента ОПЧ, что осуществляется по формуле

$$N(S^{(\chi)}) = \beta(q)\beta(b)^{\lambda_{\omega}-\chi},$$

где λ_{ω} - количество векторов, участвующих в формировании кода $Z(S)_{\lambda_{\omega}}$.

Шаг 2. Восстановление значения кода $Z'(\Xi_{\chi}^{(2)})$ для двухэлементного позиционного числа, построенного для вектора $\Xi_{\chi}^{(2)}$. Для этого выполняется следующее соотношение:

Элементы обобщенного позиционного числа являются кодами соответствующих двухэлементных позиционных чисел $Z'(\Xi_{\chi}^{(2)})$. Поэтому для реконструкции двухэлементных векторов $\Xi_{\chi}^{(2)} = \{a_{\chi}; b_{\chi}\}$ требуется провести декодирование соответствующих кодов двухэлементных позиционных

чисел. Это реализуется на первом уровне общего процесса декодирования кодов ОПЧ.

Рассмотрим сначала восстановление компонент двухэлементных векторов $\Xi_{\chi}^{(2)}$.

Восстановление компонент $\{q_{\chi}; b_{\chi}\}$ двухэлементного вектора $\Xi_{\chi}^{(2)}$ осуществляется в два этапа.

1. *Первый этап.* Метод декодирования двухэлементного вектора $\Xi_{\chi}^{(2)}$ заключается в восстановлении кодового значения $Z'(\Xi_{\chi}^{(2)})$ двухэлементного вектора $\Xi_{\chi}^{(2)}$. Это позволит получить значения компонент $\{q_{\chi}; b_{\chi}\}$ двухэлементного вектора $\Xi_{\chi}^{(2)}$. В этом случае используется информация о динамическом диапазоне $\beta(q)$, количестве компонент, равным 2, а также о нулевой компоненте q_0 (предшествующая для компоненты q_{χ}), равной $q_0 = \beta(q)$.

Согласно имеющейся информации о кодировании двухэлементного вектора $\Xi_{\chi}^{(2)}$, который является двухэлементным позиционным числом, организуется в следующей последовательности.

Вначале проводится декодирование вспомогательных элементов $\eta(q_{\chi}), \eta(b_{\chi})$. По определению на элементы $\eta(q_{\chi}), \eta(b_{\chi})$ накладывается одно ограничение, а именно

$$\eta(q_{\chi}) < \beta(q)$$

и

$$\eta(b_{\chi}) < \beta(q).$$

Отсюда последовательности, составленные из элементов $\eta(q_{\chi}), \eta(b_{\chi})$, являются вспомогательными величинами при весовых коэффициентах компонент. Их восстановление осуществляется по формулам

$$\eta(q_{\chi}) = [Z'(\Xi_{\chi}^{(2)}) / \beta(b)], \quad (1)$$

$$\eta(b_{\chi}) = [Z'(\Xi_{\chi}^{(2)}) / V(b_{\chi})]. \quad (2)$$

2. *Второй этап.* Основан на восстановлении компонент $\{q_{\chi}; b_{\chi}\}$ двухэлементного вектора $\Xi_{\chi}^{(2)}$. Для этого используется информация о полученных на предыдущем шаге величинах $\eta(q_{\chi}), \eta(b_{\chi})$. При этом учитывается взаимнооднозначное соответствие между элементами q_{χ} и $\eta(q_{\chi}), b_{\chi}$ и $\eta(b_{\chi})$.

Формула для определения величины q_{χ} на основе известных значений $\eta(q_{\chi})$ и q_{χ} примет вид

$$q_{\chi} = \begin{cases} \eta(q_{\chi}), & \rightarrow \eta(q_{\chi}) < q_0; \\ \eta(q_{\chi}) + 1, & \rightarrow \eta(q_{\chi}) \geq q_0. \end{cases} \quad (3)$$

Здесь q_0 - нулевая компонента (предшествующая для компоненты q_{χ}), равная $q_0 = \beta(q)$

Формула для определения величины b_{χ} на основе известных значений $\eta(b_{\chi})$ и b_{χ} примет вид

$$b_{\chi} = \begin{cases} \eta(b_{\chi}), & \rightarrow \eta(b_{\chi}) < q_{\chi}; \\ \eta(b_{\chi}) + 1, & \rightarrow \eta(b_{\chi}) \geq q_{\chi}. \end{cases} \quad (4)$$

После чего проводится восстановление первой компоненты q_{χ} вектора, что осуществляется как получение старшего элемента позиционного числа с ограничениями, равными $\beta(q)$ и $\beta(b)$.

Объединив выражения (1, 3), получим систему аналитических соотношений для восстановления компоненты q_{χ} двухэлементного вектора $\Xi_{\chi}^{(2)}$, а именно

$$q_{\chi} = \begin{cases} [Z'(\Xi_{\chi}^{(2)}) / \beta(b)] - [Z'(\Xi_{\chi}^{(2)}) / (\beta(q) \cdot (\beta(b))\beta(q)]; \\ \text{при } \eta(q_{\chi}) < q_0; \\ [Z'(\Xi_{\chi}^{(2)}) / \beta(b)] - [Z'(\Xi_{\chi}^{(2)}) / (\beta(q) \cdot (\beta(b))\beta(q)\beta(b)]; \\ \text{при } \eta(q_{\chi}) \geq q_0. \end{cases} \quad (5)$$

Восстановление второй компоненты b_{χ} вектора организуется как для младшего элемента позиционного числа. При этом на основе известных выражений (2, 4) получим систему соотношений для восстановления компоненты b_{χ}

$$b_{\chi} = \begin{cases} [Z'(\Xi_{\chi}^{(2)}) - [Z'(\Xi_{\chi}^{(2)})/\beta(b)]\beta(b); \\ \text{при } \eta(b_{\chi}) < q_{\chi}; \\ [Z'(\Xi_{\chi}^{(2)}) - [Z'(\Xi_{\chi}^{(2)})/\beta(b)]\beta(q)\beta(b); \\ \text{при } \eta(b_{\chi}) \geq q_{\chi}. \end{cases} \quad (6)$$

Декодирование остальных компонент двухэлементного вектора $\Xi_{\chi}^{(2)}$ организуется аналогичным образом. Соотношения (5, 6) обеспечивают восстановление компонент векторов без внесения ошибок на основе известного значения кода и величины динамического диапазона двухэлементных векторов $\Xi_{\chi}^{(2)}$.

Выводы

1. Разработана технология восстановления блоков аэрофотоснимка с сохранением требуемого уровня достоверности, необходимого для проведения эффективного дешифрирования. Технология включает в себя следующие механизмы:

1) восстановление обобщенных позиционных чисел, что осуществляется на втором уровне двухиерархической схемы декодирования;

2) восстановление соответствующих кодов двухэлементных позиционных чисел, основанное на декодировании компонент двухэлементного вектора, что представлено первым уровнем двухиерархической схемы декодирования. При этом структура восстановления разбивается на следующие шаги:

- декодирование двухэлементных позиционных чисел с неравными соседними элементами на основе информации о коде двухэлементных векторов;

- восстановление последовательности значимых двухэлементных векторов на основе декодирования двухэлементных позиционных чисел;

- восстановление компонент двухэлементных векторов;

- обратное трансформирование и воспроизведение блоков аэрофотоснимка для исходной цветовой модели представления.

Научная новизна результатов

Получила дальнейшее развитие технология декодирования трансформант, основанная на восстановлении значимых структурных характеристик трансформанты. Это позволяет достичь снижения информационной интенсивности передаваемых данных с требуемым уровнем сохранения восстановленной информации.

Разработан метод восстановления блоков аэрофотоснимка на основе декодирования кодов двухэлементных позиционных чисел. Отличительной особенностью от известных методов является то, что

применяется декодирование двухэлементных позиционных чисел с неравными соседними элементами на основе информации о коде двухэлементных векторов. Это позволит достичь сохранения требуемого уровня информации об исходных блоках аэрофотоснимка без внесения искажений для дальнейшего проведения дешифрирования.

Список литературы

1. Сэломон, Д. Сжатие данных, изображений и звука [Текст] / Д. Сэломон. – М.: Техносфера, 2004. – 368 с.
2. Баранник, В. В. Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах [Текст] / В.В. Баранник, В.П. Поляков. – Харьков: ХУВС, 2010. – 212 с.
3. Баранник, В. В. Технология кодирования блоков аэрофотоснимка с учетом семантически важной информации для бортовых комплексов воздушного мониторинга [Текст] / В.В. Баранник, А.П. Мусиенко // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2016. – С. 23-30.
4. Баранник, В. В. Метод кодирования значимых структурных характеристик трансформанты для повышения целостности аэрофотоснимков в системе воздушной разведки [Текст] / В.В. Баранник, А.П. Мусиенко // Защита информации. – 2016. – № 4. – С. 23-30.

Мусієнко О.П. Технологія декодування блоків аерофотознімка на основі відновлення компонент трансформант. Подано метод відновлення компонент трансформанти у технології декодування блоків аерофотознімка, заснований на реконструкції послідовності значимих двоелементних векторів. У статті викладається порядок і основні етапи відновлення узагальнених позиційних чисел в базисі структурних обмежень трансформанти. Показано декодування двоелементних векторів трансформанти. Подано етапи двоієрархічного декодування послідовності значущих двоелементних векторів. Показано, що запропонований метод декодування дозволяє відновити трансформанти без внесення помилок, при цьому забезпечивши збереження інформації в блоках аерофотознімка про ключові ознаки дешифрування.

Ключові слова: компонента, трансформанта, послідовність, двоелементний вектор, відновлення блоків, декодування.

Musienko A.P. Technology of blocks of the aerial photograph decoding on the basis of the transformant component restoration. The method of a transformant component restoration in technology of blocks of an aerial photograph decoding which is based on the sequence of significant two-element vectors reconstruction is represented. In article the order and the main stages of the generalized position numbers restoration in basis of structural restrictions transformant is stated. Decoding of two-element vectors of transformant is shown. Stages of two-hierarchical decoding of the sequence of significant two-element vectors are presented. It is shown that the offered method of decoding allows, to restore transformant without introduction of mistakes, having provided saving information in aerial photograph blocks on key signs of decryption.

Keywords: component, transformant, sequence, two-element vector, restoration of blocks, decoding.

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

Надійшла 30.09.2016 р.

Мусієнко Олександр Павлович, ад'юнкт науково-організаційного відділу Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. Наукові інтереси: семантична обробка зображень. Адрес: Україна, 61023, Харків, вул. Сумська, 77/79.

Мусиенко Александр Павлович, адъюнкт научно-организационного отдела Харьковского национального университета Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба. Научные интересы: семантическая обработка изображений. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79.

Musienko Alexander Pavlovich, adjunct department of the Kharkiv National University of Aircrafts of the name of Ivan Kozhedub. Scientific interests: semantic processing of images. Address: Ukraine, 61023, Kharkiv - 23, Sums'ka street, 77/79.