

КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИИ НОРМИРОВАНИЯ С УЧЕТОМ СТРУКТУРНОЙ НАСЫЩЕННОСТИ АЭРОФОТОСНИМКОВ

Рассматриваются существующие технологии обработки изображений в современных информационно-телекоммуникационных системах. Указывается на противоречие между временными затратами на доставку данных изображения и поддержание соответствия восстановленных фрагментов исходному аэрофотоснимку. Описываются характеристики компонент трансформанты для участков изображения с различной структурной сложностью. Обосновывается применение разделительной стратегии нормирования с учетом структурной сложности аэрофотоснимков. Создается технология адаптивной нормализации компонент сегмента изображения. Определяется порядок задания коэффициентов нормирования для сегментов изображения со средней степенью насыщенности.

1. Введение

Стремительное развитие информационных технологий привело к использованию однонаправленной передачи видеoinформационного ресурса в системах наблюдения. В результате эти системы приобрели широкое распространение в государственных ведомственных учреждениях, особенно в Министерстве обороны Украины. Это способствует улучшению качества системы управления при использовании видеoinформационного ресурса [1]. Результатом проведения аэромониторинга является получение видовых изображений. Под видовым будем понимать изображение местности или аэрофотоснимок (цифровое изображение), полученное в результате 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.

Для обоснования варианта решения поставленной задачи необходимо рассмотреть существующие технологии обработки аэрофотоснимков. Данные технологии (JPEG, JPEG2000) используют сжатие на базе статистического кодирования (кодов переменной длины) [2]. В процессе обработки аэрофотоснимков в разнообразных специализированных устройствах применяют математическое описание изображения как двумерного сигнала, который характеризуется объемом информации [3]. При кодировании изображения устраняется психовизуальная избыточность с применением предварительного трансформирования и последующего нормирования. Схема базовой технологии показана на рис. 1.

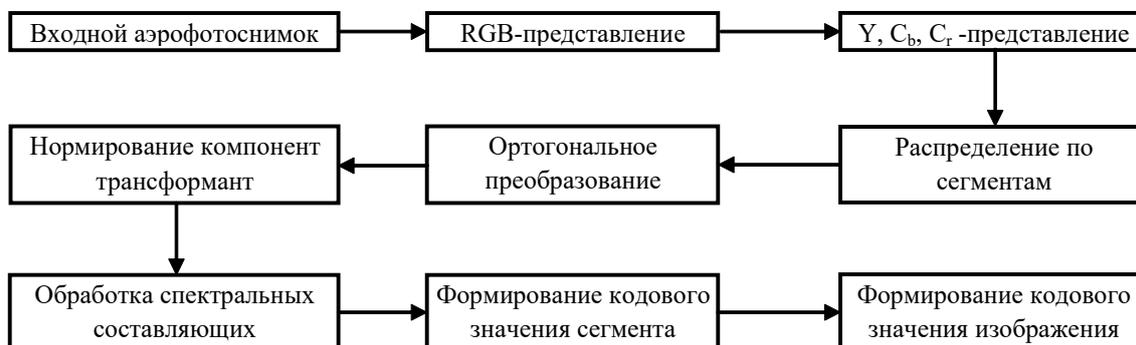


Рис. 1. Схема базовой технологии эффективного кодирования с применением предварительного трансформирования и последующего нормирования

При выполнении базовой технологии начальное значение информационной интенсивности потока выходных данных формируется после этапа нормирования. Эффективность базовой технологии выражается в снижении информационной интенсивности, что физически приводит к уменьшению временных затрат на доставку данных аэрофотоснимка. В то же время возникает проблема качества восстановленного изображения при больших коэффициентах нормирования.

Поэтому цель работы заключается в создании разделительной стратегии нормирования с учетом структурной насыщенности аэрофотоснимков.

2. Основной материал

Для создания данной стратегии необходимо более подробно рассмотреть процесс нормирования. При цифровой обработке аналогового сигнала происходит изменение представления широкого (и непрерывного) диапазона входных значений в ограниченный набор дискретных выходных значений. Термин “нормирование” в случае применения при обработке изображений подразумевает округление вещественных чисел до целых или преобразование целых чисел в меньшие целые [4].

Особенностью человеческого зрения является тот факт, что в результате слабой чувствительности к изменению высокочастотных составляющих изображения предоставляется возможность применять к коэффициентам, отвечающим за высокие частоты, более грубый шаг квантования. Нормирование происходит в результате деления матрицы коэффициентов x на так называемую матрицу нормирования W , т.е. $X_{ij} = \lfloor x_{ij}/w_{ij} \rfloor$, где x_{ij} – значение компоненты трансформанты; w_{ij} – значение компоненты матрицы нормирования; $\lfloor x \rfloor$ – операция определения целой части x .

Как правило, матрицы нормирования отличаются для компонент цветности и яркости [5]. В большинстве алгоритмов обработки изображения нормирование заключается в обычном поэлементном делении значений компонент некой рабочей матрицы на матрицу нормирования. Для каждой компоненты цветоразностной модели (Y , U и V) задается своя матрица нормирования $W[\alpha, \beta]$. Нормирование задается следующей формулой:

$$x_{i,j}^{(Q)} = \left\lfloor \frac{x_{i,j}}{w_{i,j}} \right\rfloor. \quad (1)$$

На данном этапе путем изменения степени сжатия задаются амплитуды выходных значений компонент трансформанты и, следовательно, определяется уровень потерь. При использовании матрицы нормирования с большими значениями коэффициентов получается большее количество нулей и, следовательно, и большее значение степени сжатия. Из этого выходит, что при формировании матриц нормирования на этапе задания величины значений их элементов появляется возможность управлять степенью сжатия. В результате при более высоком значении элементов матрицы нормирования меньше будет диапазон значений элементов нормированной трансформанты $X^{(Q)}[\alpha, \beta]$, что позволит кодировать с применением меньшего количества информации. К примеру, в стандарте JPEG используются матрицы нормирования, полученные эмпирическим путем. Две рекомендуемые в стандарте JPEG данные по нормированию для яркостной составляющей представлены в таблице.

$i \backslash j$	1	2	3	4	5	6	7	8
1	16	11	10	16	24	40	51	61
2	12	12	14	19	26	58	60	55
3	14	13	16	24	40	57	69	56
4	14	17	22	29	51	87	80	62
5	18	22	37	56	58	109	103	77
6	24	35	55	64	81	104	113	92
7	49	64	78	87	103	121	120	101
8	72	92	95	98	112	100	103	99

Значения элементов данных матриц для стандарта JPEG получены опытным путем в результате оценок визуального восприятия [6].

Для изменения значения коэффициента сжатия производится умножение исходных матриц на некоторое число Q .

Стандарт JPEG2000 подразумевает применение собственных таблиц нормирования, однако при этом их требуется передавать декодеру вместе со сжатыми данными, что приводит к увеличению общего размер закодированных данных.

В качестве альтернативы возможно создание собственных матриц нормирования (поточковой обработки) с применением одного параметра R , который определяется пользователем. Значение элементов матрицы нормирования определяется следующей формулой:

$$w_{i,j} = 1 + (i + j) \times R. \quad (2)$$

Для заданного выражения характерно уменьшение значений компоненты трансформанты при условном перемещении из левого верхнего угла в правый нижний. При правильном выполнении нормирования полученная выходная трансформанта будет содержать всего несколько ненулевых коэффициентов с характерным расположением в левом верхнем углу матрицы. В дальнейшем согласно алгоритму JPEG к этим полученным числам будет применяться кодирование.

В результате применения нормирования алгоритму будут присущи некоторые специфические эффекты при больших значениях коэффициента сжатия. Потери в области низкочастотных компонент приводят к появлению в полученном изображении квадратов 8×8 . Потери высокочастотных компонент вызывают так называемый “эффект Гиббса”, когда вокруг элементов аэрофотоснимка с резким перепадом структурной насыщенности появляется некий ореол.

Алгоритмы JPEG и JPEG2000 применяются для сжатия изображения с последующим его визуальным восприятием, и полученное сжатое изображение не пригодно к дальнейшей цифровой обработке.

В результате приходим к выводу, что нормирование применяется для: экономии памяти; изменения характеристик последовательностей применительно к последующей компрессии; регулировки степени сжатия и соответственно уровня потерь; подготовки к последующей обработке; добавления эффектов. Проанализируем изложенное выше касательно выполнения сжатия аэрофотоснимка. Изменение характеристик последовательностей применительно к последующей компрессии возникает в результате уменьшения количества возможных вариантов значений i , как следствие, увеличения частоты повторений. На данный момент нормирование – основополагающая часть многих алгоритмов кодирования с потерей информации со значением коэффициента сжатия от 3:1 до 100:1.

Сущность современных методов сжатия заключается в разбиении изображений на области определенной величины. Обычно это квадраты с размерами 8×8 , 16×16 . При этом в одну область попадают неоднородные участки изображения, в результате чего не учитывается структурная сложность участков аэрофотоснимка. С одной стороны, это приводит к уменьшению временных затрат на обработку на этапе сжатия, а с другой – вызывает частичную (необратимую) потерю информации. Поэтому возникает необходимость в разработке методики обработки аэрофотоснимка с учетом его структурной сложности.

Для этого предлагается применить стратегию определения параметров обработки с учетом структурной сложности фрагмента аэрофотоснимка.

Структурно-функциональная схема определения параметров нормирования при обработке аэрофотоснимка в зависимости от структурной сложности фрагментов изображений представлена на рис. 2.

В изложенной схеме требуется определить характеристику обработки в соответствии со структурной сложностью фрагмента аэрофотоснимка.

Для этого при обработке аэрофотоснимка (его фрагментов) предлагается управлять величиной матрицы нормирования при осуществлении ортогонального преобразования с последующим кодированием. В результате этого предоставляется возможность производить быструю обработку аэрофотоснимка с учетом его особенностей и локальных связей между фрагментами.

На основании физических свойств фрагмента аэрофотоснимка, который соответствует классу “слабонасыщенный”, вся энергия сконцентрирована в низкочастотной области, значения для высокочастотной части близки к нулю. Для фрагмента же изображения с классом “сильнонасыщенный” вся энергия, соответственно, расположена в высокочастотной области, значения для низкочастотной части стремятся к нулю, что приводит к уменьшению комбинаторной избыточности в трансформантах.



Рис. 2. Структурно-функциональная схема алгоритма определения параметров нормирования

Для фрагментов изображений с классом “средненасыщенные” характерны промежуточные значения элементов трансформанты. В результате этого предлагается осуществлять следующую стратегию определения коэффициентов матрицы нормирования W : для фрагментов аэрофотоснимков, которые соответствуют классу “слабонасыщенный”, задавать большие значения коэффициентов $w_{i,j}$; для фрагментов аэрофотоснимков, которые соответствуют классу “сильнонасыщенный”, задавать малые значения коэффициентов $w_{i,j}$; для фрагментов аэрофотоснимков, которые соответствуют классу “средненасыщенный”, значения коэффициентов $w_{i,j}$ определять в зависимости от значений динамических диапазонов для каждой трансформанты.

Значения коэффициентов $w_{i,j}$ матриц нормирования W определяются опытным путем, опираясь на полученные в ходе эксперимента данные для типов изображений с различными значениями структурной сложности (как и для стандарта JPEG2000 необходимо создать матрицы). В результате созданной технологии предоставляется возможность управлять параметрами нормирования значений компонент трансформанты на основании параметров структурной сложности фрагмента изображения. Это приводит к уменьшению временных затрат на доведение слабонасыщенных фрагментов изображения, а для сильнонасыщенных увеличивается степень соответствия восстановленного изображения исходному.

3. Выводы

Разработана стратегия управления временными затратами на доведение данных аэрофотоснимка путем применения адаптивной нормализации компонент сегмента изображения. Адаптивная нормализация заключается в определении значений коэффициентов нормирования в зависимости от значений динамических диапазонов для каждой трансформанты с учетом насыщенности сегмента изображения. Построенная технология позволяет снизить временные затраты на доставку данных слабонасыщенных участков аэрофотоснимка путем увеличения значений матрицы нормирования. Созданная технология учитывает структурную сложность участков изображения, что увеличивает соответствие восстановленного аэрофотоснимка исходному.

Список литературы: 1. Баранник В.В., Підлісний С.А. Аналіз дії кібератак на відео інформаційний ресурс в інформаційно-телекомунікаційних мережах // АСУ та прилади автоматіки. 2014. Вип. 164. С. 16-22. 2. Gonzales R.C. and Woods R.E. "Digital image processing" in Prentice Hall, edition. II, 2002. 1072р. 3. Сэлмон. Д. Сжатие данных, изображений и звука. М.: Техносфера, 2004. 368 с. 4. Красильников Н.Н. Цифровая обработка изображений. М.: Вузовская книга, 2011. 320 с. 5. Прэнтт У. Цифровая обработка изображений: в 2 т., пер. с англ. М.: Мир, 1985. 736 с. 6. William B. Pennebaker, Joan L. Mitchell. JPEG: Still Image Data Compression Digital Multimedia Standards Series. Springer Science & Business Media, 1992. 638 p.

Поступила в редколлегию 11.09.2015

Баранник Владимир Викторович, д-р техн. наук, профессор, начальник кафедры Харьковского университета Воздушных Сил им. И. Кожедуба. 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.

Красноруцкий Андрей Александрович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, докторант Харьковского университета Воздушных Сил им. И. Кожедуба. 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.

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.