

УДК 621.391

А.И. Стрелков<sup>1</sup>, С.Е. Кальной<sup>1</sup>, В.И. Барсов<sup>2</sup>, Е.А. Соломко<sup>2</sup><sup>1</sup>Харьковский университет Воздушных Сил имени И. Кожедуба<sup>2</sup>Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков

## ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА НАКОПЛЕНИЯ СЛАБОКОНТРАСТНЫХ КАДРОВ ПРИ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА СЖАТИЯ WAVELET

Проведены исследования влияния алгоритма сжатия Wavelet (стандарт JPEG-2000) на эффективность метода накопления кадров. Кадры изображения моделировались в виде детерминированного сигнала постоянной амплитуды на фоне интенсивной случайной помехи. Эффективность метода накопления кадров оценивалась по отношению сигнал/шум в случае обработки исходных кадров, а также при обработке кадров прошедших процедуру сжатия-восстановления. Показано, что в условиях применения алгоритма сжатия изображений эффективность метода накопления кадров зависит от характеристик исходного сигнала, а также количества накопленных кадров.

**Ключевые слова:** цифровая обработка информации, метод накопления кадров, алгоритм сжатия Wavelet, стандарт сжатия JPEG-2000.

### Введение

#### Постановка проблемы и анализ литературы.

В современных телевизионных системах существует проблема обнаружения сигнала в условиях аддитивного шума высокой интенсивности и малого уровня сигнала. Для повышения эффективности обнаружения сигнала визуальным или автоматизированным способом применяется метод накопления серии изображений [1 – 3], позволяющий повысить отношение сигнал/шум в кадре [4, 5]. В этом случае резко возрастает объем обрабатываемой информации, что требует увеличение ресурсов вычислительных машин. Поэтому на этапах передачи информации, а также для её хранения необходимо использовать алгоритмы сжатия изображений [1]. При этом неисследованным является вопрос о влиянии процедуры сжатия и восстановления на эффективность метода накопления кадров.

**Целью работы** являлось исследование влияния алгоритма сжатия изображения Wavelet (стандарт JPEG-2000) на эффективность метода накопления кадров путём имитационного компьютерного моделирования полезного сигнала на фоне интенсивных случайных помех и последующего сравнения отношения сигнал/шум в сформированных изображениях.

### Основная часть

Имитационное моделирование изображений производилось при следующих исходных данных:

1. Исследуемый кадр представлял собой матрицу размером 100x100 пикселей.

2. Динамический диапазон разрешения монитора составлял 256 градаций серого (0 – уровень черного, 255 – уровень белого).

3. Матрица исходного изображения формировалась, как аддитивная смесь полезного сигнала и интенсивной случайной помехи

$$U_{ij}^o = U_{ij}^{os} + U_{ij}^{on}. \quad (1)$$

4. Полезный сигнал  $U_{ij}^{os}$  представлял собой область в виде квадрата размером 25x25 пикселей с детерминированной амплитудой  $U^{os} = 10, 15, 25$ .

5. Случайная помеха  $U_{ij}^{on}$  представляла собой шум, подчиняющийся распределению Пуассона со средним значением  $\lambda = \bar{U}_{ij}^{on} = 75$ , распределенный по всему полю кадра.

6. Обработке подвергалась серия из 10 кадров. При этом процедура накопления производилась путём суммирования  $N = 2, 5, 10$  кадров серии и последующей нормировкой матрицы изображений на количество кадров.

7. Алгоритм Wavelet (стандарт JPEG-2000) позволяет сжимать изображения с параметром сжатия  $\chi$  от 1 до 100. В данной работе производилось сжатие с  $\chi = 50$ .

8. Процедура накопления производилась для исходных (несжатых) кадров, а также процедура накопления производилась над кадрами, прошедшими через алгоритм сжатия и восстановления изображения.

Для качественной оценки сигнальной компоненты, как в отдельном кадре, так и при накоплении, широко используется соотношение „сигнал/шум” [2]

$$\Phi = \frac{\bar{U}^s}{\sqrt{D}}, \quad (2)$$

где  $\bar{U}^s$  – среднее значение сигнала;  $D$  – дисперсия смеси сигнал + шум. В предположении аддитивности смеси сигнал + шум  $\bar{U}^s = \bar{U} - \bar{U}^n$  и тогда

$$\varphi = \frac{\bar{U} - \bar{U}^n}{\sqrt{D}}. \quad (3)$$

Здесь  $\bar{U}$  – среднее значение смеси сигнал + шум, определенное по полю полезного сигнала 25x25

$$\bar{U} = \frac{1}{625} \sum_{i=1, j=1}^{25, 25} U_{ij}. \quad (4)$$

Величина  $\bar{U}^n$  – среднее значение смеси сигнал + шум, определенное по полю 25x25 пикселей, в области кадра, отдаленной от области нахождения полезного сигнала

$$\bar{U}^n = \frac{1}{625} \sum_{i=1, j=1}^{25, 25} U_{ij}. \quad (5)$$

Эту величину можно трактовать, как среднее значение шума в кадре. Дисперсия смеси сигнал + шум  $D$  определяется по полю полезного сигнала 25x25

$$D = \frac{1}{625 - 1} \sum_{i=1, j=1}^{25, 25} (U_{ij} - \bar{U})^2. \quad (6)$$

Заметим, что подобная процедура определения характеристик шума и сигнала является в данной задаче необходимой, поскольку применение алгоритма сжатия и последующего восстановления может искажать, как шумовую составляющую, так и сигнальную компоненту (т.е. нарушать ее детерминированность) [3].

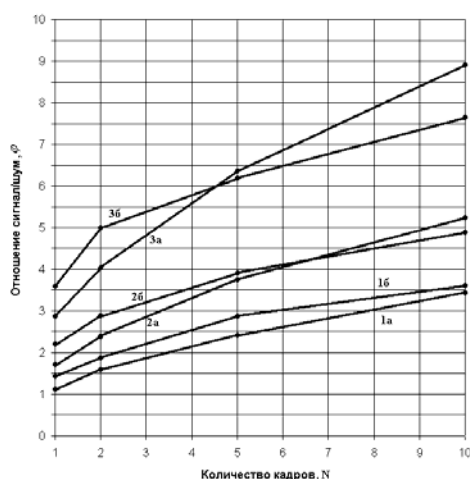


Рис. 1. Зависимость отношения сигнал/шум от количества накопленных кадров, для различных значений амплитуд исходного сигнала  $\bar{U}^{os}$  при заданном уровне помех:

1 –  $U^{os} = 10$ ; 2 –  $U^{os} = 15$ ; 3 –  $U^{os} = 25$ ; а – накопление несжатых кадров ( $\chi = 0$ ); б – накопление кадров, прошедших через алгоритм сжатия-восстановления ( $\chi = 50$ )

На рис. 1 представлен график зависимости отношения сигнал/шум от количества накопленных

кадров  $N$  для различных значений амплитуд исходного сигнала  $\bar{U}^{os}$ , как для случая накопления несжатых кадров ( $\chi = 0$ ), так и для накопления кадров, прошедших через алгоритм сжатия и восстановления ( $\chi = 50$ ).

На рис. 2 приведена реализация исходной аддитивной смеси сигнала и шума в одном из кадров для  $\bar{U}^{os} = 15$ , представляющая собой сечение поля кадра по строке, проходящей через область сигнала.

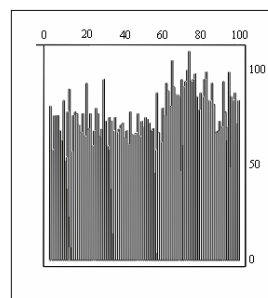


Рис. 2. Реализация аддитивной смеси сигнала и шума в одном кадре:  
 $\varphi = 1,71$  ;  $N = 1$

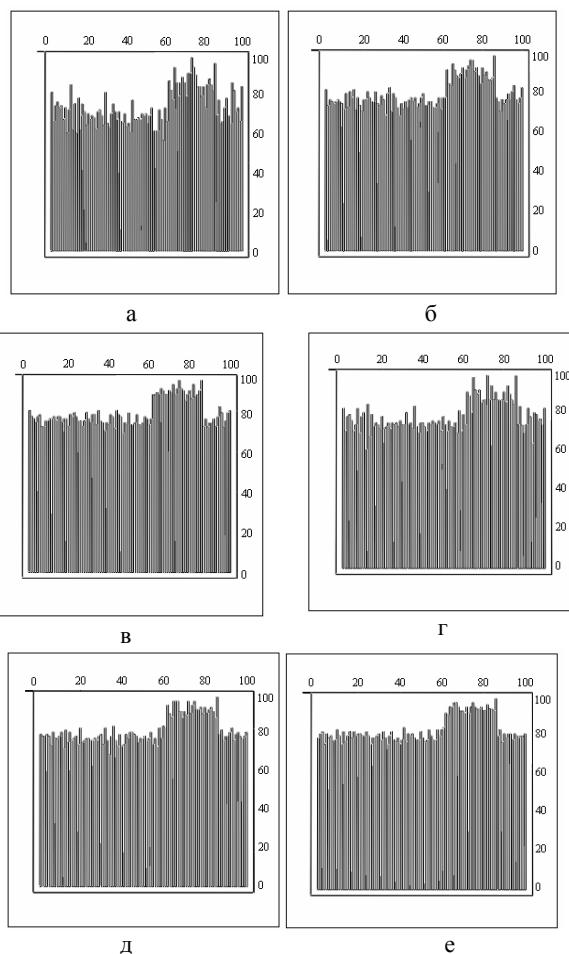


Рис. 3. Реализации накопленных изображений:  
а –  $\varphi = 2,39$  ;  $N = 2$  ; б –  $\varphi = 3,75$  ;  $N = 5$  ;  
в –  $\varphi = 5,27$  ;  $N = 10$  ; г –  $\varphi = 2,89$  ;  $N = 2$  ;  
д –  $\varphi = 3,98$  ;  $N = 5$  ; е –  $\varphi = 4,87$  ;  $N = 10$

На рис. 3 показаны сечения реализации изображений полученных путём накопления серии исходных кадров с амплитудой сигнала  $\bar{U}^{os} = 15$  до сжатия (рис. 3, а, б, в) и накопления кадров после их сжатия-восстановления с параметром  $\chi = 50$  (рис. 3, г, д, е).

Из приведенных данных следует, что в условиях применения алгоритма сжатия изображений эффективность метода накопления кадров зависит от отношения сигнал/шум исходного изображения, а также количества накопленных кадров. Если производится обработка малого числа кадров, то большее значение отношения сигнал/шум достигается при накоплении кадров прошедших через алгоритм сжатия-восстановления. При обработке большего количества кадров эффективнее производить процедуру накопления над несжатыми кадрами. При этом граница между малым и большим количеством кадров в серии зависит от отношения сигнал/шум в исходных кадрах серии. Чем больше отношение сигнал/шум в исходных кадрах, тем при меньшем количестве кадров серии необходимо переходить на процедуру накопления до применения алгоритма сжатия.

### Выводы

Результаты моделирования и расчёты показали, что в условиях применения алгоритма сжатия изображений эффективность метода накопления кадров зависит от характеристик исходного сигнала, а также количества накопленных кадров. Результаты проведенных модельных экспериментов показали: 1) При большом количестве кадров метод накопления даёт лучшее отношение сигнал/шум при его применении до процедуры сжатия, а при малом количестве кадров – после сжатия-восстановления.

2) Для изображений с большим отношением сигнал/шум накопление кадров в основном эффективнее проводить до процедуры сжатия, а для

изображений с малым отношением сигнал/шум накопление в основном эффективнее после сжатия-восстановления кадров.

В проведенных модельных экспериментах, очевидно, проявляется нелинейность алгоритма сжатия. В этом случае отношение сигнал/шум не является исчерпывающей характеристикой при решении задач определения параметров исходного изображения. При этом результаты, полученные при решении прикладных задач, могут оказаться недостаточно достоверными. Поэтому необходимы дополнительные исследования, включающие в себя оценку качества изображения при тех же исходных данных.

### Список литературы

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Гальярди Р. М., Карп Ш. Оптическая связь. – М.: Высшая школа, 1978. – 524 с.
3. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Радио и связь, 1989. – 496 с.
4. Стрелков А.И., Лисовенко С.А., Панасенко Д.П. Обработка серии короткоэкспозиционных слабоконтрастных телевизионных кадров // 36. науч. праць ХУ ПС. – Х.: ХУ ПС. – 2006. – №.6 (12). – С. 46-49.
5. Стрелков А.И., Барсов В.И., Стрелкова Т.А., Кац Е.Н. Оценка эффективности метода накопления серии короткоэкспозиционных слабоконтрастных телевизионных сигналов // 36. науч. праць ХУ ПС. – Х.: ХУ ПС. – 2007. – №.1 (13). – С. 44-47.
6. Стрелков О.І., Барсов В.І., Соломко Є.О. Дослідження стійкості алгоритму стискування зображень WAVELET до впливу завад випадкового характеру. // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУ ПС. – 2007. – № 2 (10). – С. 104-106.

Поступила в редколлегию 29.04.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.И. Карпенко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### ПРО ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕТОДУ НАКОПЛЕННЯ СЛАБОКОНТРАСТНИХ КАДРІВ ПРИ ЦИФРОВІЙ ОБРОБЦІ ЗОБРАЖЕНЬ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ СТИСКУВАННЯ WAVELET

О.І. Стрелков, С.Є. Кальний, В.І. Барсов, Є.О. Соломко

Проведено дослідження впливу алгоритму стискування Wavelet (стандарт JPEG-2000) на ефективність методу накоплення кадрів. Ефективність методу накоплення кадрів оцінювалася по відношенню сигнал/шум у випадку обробки початкових кадрів, а також при обробці кадрів, що пройшли процедуру стиснення-відновлення. Показано, що в умовах застосування алгоритму стискування зображень ефективність методу накоплення кадрів залежить від характеристик початкового сигналу, а також кількості накопчених кадрів.

**Ключові слова:** цифрова обробка інформації, метод накоплення кадрів, алгоритм стискування Wavelet, стандарт стискування JPEG-2000.

### ABOUT EFFICIENCY OF THE ACCUMULATION METHOD OF THE LITTLE CONTRAST FRAMES UNDER DIGITAL PROCESSING THE IMAGES WITH USE THE COMPRESSION ALGORITHM WAVELET

A.I. Strelkov, S.Ye. Kal'noy, V.I. Barsov, E.A. Solomko

Organized investigation of the influence of the compression algorithm Wavelet (the standard JPEG-2000) on efficiency of the accumulation method of the frames. Efficiency of the accumulation method of the frames was valued on signal-to-noise ratio in the event of processing the non-compressed frames, as well as when processing the frames passed procedure of the compression-reconstruction. It is shown that in condition of the using the compression algorithm of the images efficiency method of the frames accumulation depends on features of the input signal, as well as amount accumulated frames.

**Keywords:** digital processing of information, method of the frames accumulation, compressing algorithm Wavelet, compressing standart JPEG-2000.