

УДК 621.391

А.И. Стрелков¹, С.Е. Кальной¹, Т.А. Стрелкова², Е.А. Соломко²¹Харьковский университет Воздушных Сил имени И. Кожедуба, Харьков²Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков

ВЛИЯНИЕ АЛГОРИТМА СЖАТИЯ WAVELET НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА НАКОПЛЕНИЯ КАДРОВ СЛАБОКОНТРАСТНЫХ КРУПНОРАЗМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Исследована эффективность метода накопления кадров в случае применения алгоритма сжатия Wavelet (стандарт JPEG-2000) для различных параметров сжатия. Показано, что возрастание отношения сигнал/шум при накоплении кадров в этих условиях происходит значительно медленнее по сравнению с теоретической зависимостью \sqrt{N} . Было показано, что данное расхождение можно объяснить появлением корреляции между кадрами, прошедшими процедуру сжатия-восстановления, при этом степень корреляции возрастает с увеличением параметра сжатия. Показано, что эффективность метода накопления кадров зависит от характеристик исходного сигнала, параметров сжатия, 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 телевизионных системах существует проблема обнаружения сигнала малого уровня в условиях аддитивного шума высокой интенсивности. Для повышения эффективности обнаружения сигнала применяется метод накопления серии изображений [1 – 3]. При этом возрастает объём обрабатываемой информации и возникает необходимость использовать алгоритмы сжатия изображений при передаче информации и её хранении.

В [6] было показано, что в условиях применения алгоритма сжатия изображений Wavelet (стандарт JPEG-2000) эффективность метода накопления кадров зависит от характеристик исходного сигнала, а также количества накопленных кадров. Кроме того, было сделано предположение о возможности наличия корреляционных эффектов при накоплении кадров, вносимых алгоритмом сжатия [6, 7].

В данной работе были проведены дальнейшие более детальные исследования влияния алгоритма сжатия на эффективность метода накопления кадров. Было исследовано влияние параметра сжатия χ на эффективность метода накопления. Кроме того в компьютерных экспериментах было увеличено количество кадров в серии, а также размер кадра и область детерминированного сигнала, что позволило увеличить статистическую достоверность результатов.

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 отно-

шения сигнал/шум в сформированных изображениях, полученных при накоплении серии кадров, прошедших процедуру сжатия-восстановления.

Основная часть

Имитационное моделирование изображений производилось при следующих исходных данных:

1. Исследуемый кадр представлял собой матрицу размером 1000x1000 пикселей.

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

3. Матрица исходного изображения формировалась, как аддитивная смесь детерминированного полезного сигнала и случайной помехи высокой интенсивности

$$U^o_{ij} = U^{os}_{ij} + U^{on}_{ij}. \quad (1)$$

4. Полезный сигнал U^{os}_{ij} моделировался как область в виде квадрата размером 100x100 пикселей с детерминированной амплитудой $U^{os} = 25$.

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

6. Обработке подвергалась серия из 100 кадров. При этом процедура накопления производилась путём суммирования $N=5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100$ кадров серии и последующей нормировкой матрицы изображений на количество кадров.

7. Алгоритм Wavelet (стандарт JPEG-2000) позволяет сжимать изображения с параметром сжатия

χ от 1 до 100. В данной работе производилось сжатие с $\chi = 25; 50; 75$.

8. Процедура накопления производилась как для исходных несжатых кадров (что формально соответствует параметру сжатия $\chi = 0$), так и для кадров, прошедших через алгоритм сжатия и восстановления изображения.

Для оценки сигнальной компоненты, как в отдельном кадре, так и при накоплении, в данной работе используется отношение сигнал/шум (ОСШ) [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

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

Здесь \bar{U} – среднее значение смеси сигнал + шум, определенное по полю полезного сигнала 100×100

$$\bar{U} = \frac{1}{10000} \sum_{i=1, j=1}^{100, 100} U_{ij}. \quad (4)$$

Величина \bar{U}^n – среднее значение смеси сигнал + шум, определенное по полю 100×100 пикселей, в области кадра, отдаленной от области нахождения полезного сигнала

$$\bar{U}^n = \frac{1}{10000} \sum_{i=1, j=1}^{100, 100} U_{ij}. \quad (5)$$

Эту величину можно трактовать, как среднее значение шума в кадре. Дисперсия смеси сигнал + шум D определяется по полю полезного сигнала 100×100

$$D = \frac{1}{10000 - 1} \sum_{i=1, j=1}^{100, 100} (U_{ij} - \bar{U})^2. \quad (6)$$

В [4, 5] показано, что отношение сигнал/шум $\phi(N)$ при накоплении N кадров, можно описать выражением

$$\phi(N) = \sqrt{N} \cdot \bar{\phi}_1, \quad (7)$$

где $\bar{\phi}_1$ – среднее отношение сигнал/шум в одном кадре.

Необходимо отметить, что данное выражение справедливо только при отсутствии корреляции сигналов между кадрами.

На рис. 1 (а, б, в) приведены экспериментальные данные (сплошные линии) зависимости ОСШ от числа кадров N для параметров сжатия $\chi = 25; 50; 75$ соответственно.

Здесь же для сравнения приведены теоретические зависимости, $\phi(N)$ рассчитанные по формуле

(7), предполагающей отсутствие корреляции между кадрами (пунктирные линии). Из графиков отчетливо видно резкое отклонение экспериментальных данных от теоретической безкорреляционной зависимости. Данное различие по-видимому свидетельствует о появлении корреляции сигналов между кадрами прошедшими процедуру сжатия-восстановления JPEG-2000.

Для проверки этого предположения в работе было проанализировано ОСШ при накоплении несжатых ($\chi = 0$) кадров. При сравнении результатов необходимо учесть тот факт, что в силу фильтрующих свойств алгоритма сжатия JPEG-2000 [7] средние значения ОСШ в одном кадре $\bar{\phi}_1$ отличаются для различных параметров сжатия, включая $\chi = 0$. Поэтому экспериментальные данные удобно нормировать на величину $\bar{\phi}_1$.

На рис. 2 представлены экспериментальные зависимости нормированной величины $\phi(N)/\bar{\phi}_1 = \sqrt{N}$ от количества накопленных кадров N для параметров сжатия $\chi = 0; 25; 50; 75$ (кривые 1, 2, 3, 4, соответственно). Также здесь представлена нормированная теоретическая безкорреляционная зависимость $\phi(N)/\bar{\phi}_1 = \sqrt{N}$ (кривая 5).

Сравнение кривых 1 и 5 показывает, что ОСШ при накоплении несжатых кадров слабо отличается от безкорреляционной зависимости. Незначительное различие по-видимому связано с процедурой округления при нормировании накопленного кадра. Т.о. можно считать, что между исходными несжатыми кадрами корреляция крайне мала, либо полностью отсутствует. Последнее предположение вполне соответствует теоретическим представлениям о статистической структуре смеси детерминированного сигнала и случайного шума.

Кривые 2, 3, 4 показывают, что накопление кадров прошедших через процедуру сжатия-восстановления демонстрирует значительно более сильное отличие от безкорреляционной зависимости (кривая 5), чем в случае несжатых кадров (кривая 1). Это подтверждает сделанное выше предположение о том, что корреляция сигналов между кадрами по-видимому вносит основной вклад в понижение ОСШ при применении алгоритма сжатия.

Из сравнения 2, 3, 4 можно сделать вывод, что с увеличением параметра сжатия χ степень корреляции сигналов между кадрами возрастает, что проявляется в более медленном росте ОСШ.

Для численного (количественного) сравнения эффективности метода накопления кадров на рис. 3 сведены экспериментальные данные для несжатых кадров $\chi = 0$ (кривая 1) и кадров прошедших процедуру сжатия с параметрами сжатия $\chi = 25;$

50; 75 (кривые 2, 3, 4). Анализ этих кривых показывает, что при накоплении небольшого количества кадров лучшее ОСШ достигается при более высоких параметрах сжатия (см. кривые 3, 4). При

накоплении большей серии кадров эффективнее использовать меньшие параметры сжатия, либо серию кадров не прошедших процедуру сжатия (см. кривые 1, 2).

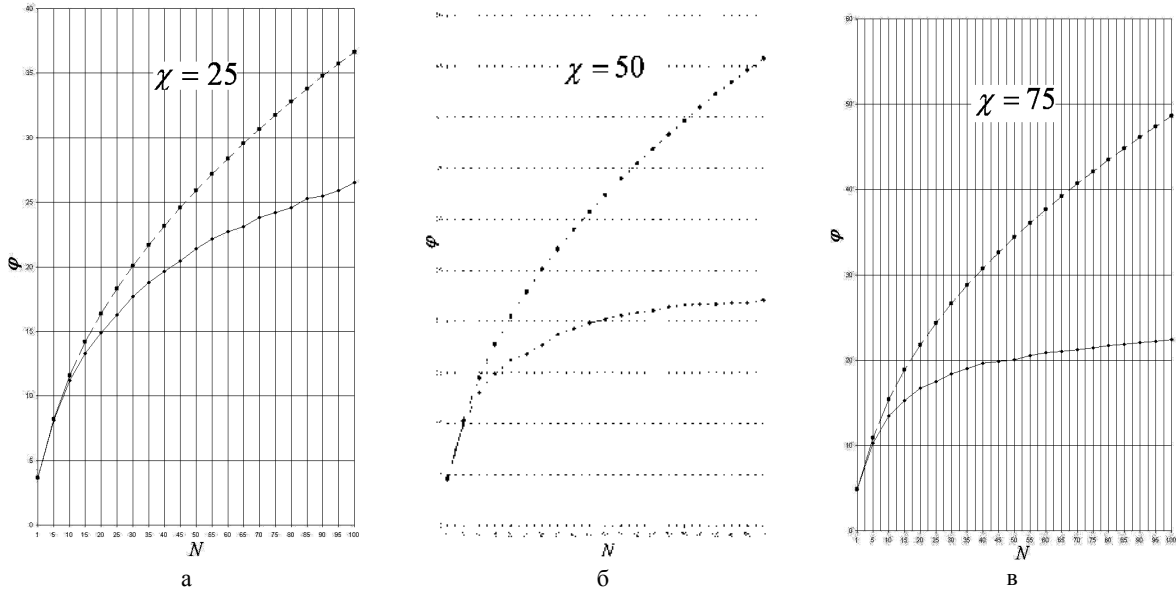


Рис. 1. Зависимость отношения сигнал/шум от количества накопленных кадров, для различных параметров сжатия (сплошные линии) в сравнении с безкорреляционной зависимостью (χ) (пунктирные линии).

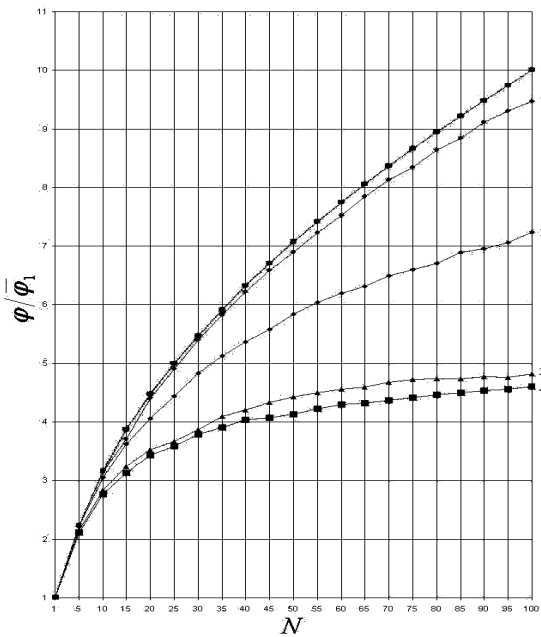


Рис. 2. Зависимость нормированного отношения сигнал/шум от количества накопленных кадров для параметров сжатия $\chi = 0; 25; 50; 75$ (кривые 1, 2, 3, 4, соответственно) в сравнении с безкорреляционной зависимостью (кривая 5)

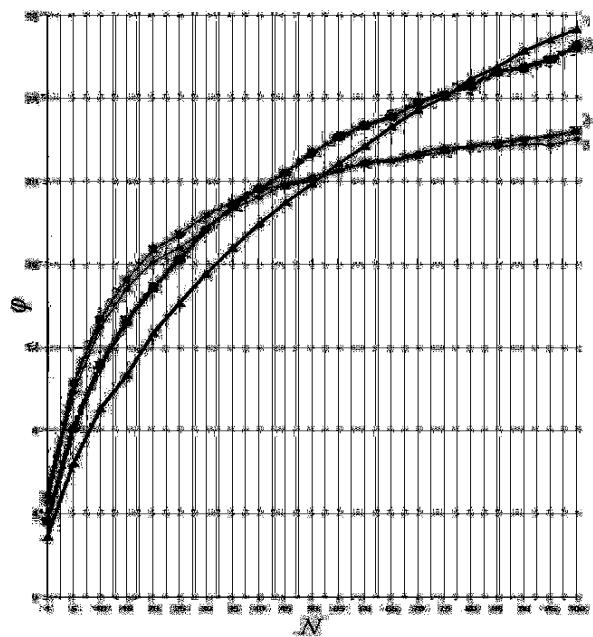


Рис. 3. Зависимость отношения сигнал/шум от количества накопленных кадров, для параметров сжатия $\chi = 0; 25; 50; 75$ (кривые 1, 2, 3, 4, соответственно).

Выводы

Результаты проведенных модельных экспериментов показали.

1. При накоплении исходных (несжатых кадров) наблюдается рост отношения сигнал/шум, ко-

торый находится в хорошем согласии с теоретической безкорреляционной зависимостью \sqrt{N} .

2. При накоплении серии кадров, прошедших через процедуру сжатия-восстановления JPEG-2000, рост отношения сигнал/шум происходит более мед-

ленно по сравнению с безкорреляционной зависимостью \sqrt{N} . Это может быть объяснено появлением корреляции между кадрами при прохождении через алгоритм сжатия.

3. Замедление роста отношения сигнал/шум при накоплении кадров становится более существенным с возрастанием параметра сжатия, что по видимому свидетельствует о возрастании степени корреляции между кадрами.

4. В целом эффективность метода накопления при применении алгоритма сжатия JPEG-2000 зависит от количества кадров в серии, параметра сжатия и, как следствие среднего отношения сигнал/шум в одном кадре. При накоплении серии, состоящей из большого количества кадров, эффективнее использовать меньшие значения параметра сжатия. При необходимости использования больших параметров сжатия возникает ограничение на количество кадров в серии, поскольку дальнейшее увеличение количества кадров даёт незначительный выигрыш отношения сигнал/шум.

Полученные данные позволяют сделать вывод о существенном влиянии корреляционных эффектов на метод накопления кадров при использовании процедуры сжатия-восстановления JPEG-2000, что требует дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

Список литературы

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. — М.: Техносфера, 2005. — 1072 с.
2. Гальярди Р.М. Оптическая связь / Р.М. Гальярди, Ш. Карп. — М.: Высшая школа, 1978. — 524 с.
3. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Б.Р. Левин. — М.: Радио и связь, 1989. — 496 с.
4. Стрелков А.И. Обработка серии короткоэкспозиционных слабоконтрастных телевизионных кадров / А.И. Стрелков, С.А. Лисовенко, Д.П. Панасенко // Збірник наукових праць ХУ ПС. — Х.: ХУ ПС, 2006. — № 6(12). — С. 46-49.
5. Стрелков А.И. Оценка эффективности метода накопления серии короткоэкспозиционных слабоконтрастных телевизионных сигналов / А.И. Стрелков, В.И. Барсов, Т.А. Стрелкова, Е.Н. Кац // Збірник наукових праць ХУ ПС. — Х.: ХУ ПС, 2007. — № 1(13). — С. 44-47.
6. Стрелков А.И. Об эффективности метода накопления слабоконтрастных кадров при цифровой обработке изображений с использованием алгоритма сжатия WAVELET / А.И. Стрелков, С.Е. Кальной, В.И. Барсов, Е.А. Соломко // Системи обробки інформації. — Х.: ХУ ПС, 2008. — №3 (70). — С. 136-138.
7. Стрелков А.И. О влиянии алгоритма сжатия JPEG-2000 на статистические характеристики изображения / А.И. Стрелков, С.Е. Кальной, Т.А. Стрелкова, Е.А. Соломко // Системи обробки інформації. — Х.: ХУ ПС, 2008. — №5(72). — С. 116-119.

Поступила в редколлегию 19.02.2009

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

ВПЛИВ АЛГОРИТМУ СТИСКУВАННЯ WAVELET НА ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕТОДУ НАКОПИЧУВАННЯ КАДРІВ СЛАБОКОНТРАСТНИХ КРУПНОРОЗМІРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

О.І. Стрелков, С.Є. Кальний, Т.О. Стрелкова, Є.О. Соломко

Проведено дослідження впливу алгоритму стискування Wavelet (стандарт JPEG-2000) на ефективність накопичування слабоконтрастних крупнорозмірних зображень. Ефективність методу накопичування кадрів оцінювалася по відношенню сигнал/шум у випадку обробки вихідних нестиснутих кадрів, а також при обробці кадрів, що пройшли процедуру стискування-відновлення. Показано, що зростання відношення сигнал\шум при накопичуванні кадрів у цих умовах відбувається значно повільніше в порівнянні з теоретичною залежністю \sqrt{N} . Було показано, що цю розбіжність можна пояснити появою кореляції між кадрами, що пройшли процедуру стискування-відновлення, при цьому ступінь кореляції зростає зі збільшенням параметра стискування. Показано, що ефективність методу накопичування кадрів залежить від характеристик вихідного сигналу, параметрів стискування, а також кількості накопичених кадрів.

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

INFLUENCE OF COMPRESSION ALGORITHM WAVELET ON EFFICIENCY OF AN ACCUMULATION METHOD OF SHOTS LEAST CONTRASTED BIG SIZING IMAGES

A.I. Strelkov, S. Ye. Kal'noy, T.A. Strelkova, E.A. Solomko

Researches of influence of compression algorithm Wavelet (standard JPEG-2000) on efficiency of accumulation least contrasted big sizing images are carried out. Efficiency of an accumulation method of shots was estimated under the relation a signal/noise in case of processing of initial shots, and also at processing of shots undergone compression-restoration procedure. It is shown, that increase of the relation a signal \noise at accumulation of shots in these conditions occurs much more slowly in comparison with theoretical dependence \sqrt{N} . It has been shown, that it is possible to explain the given divergence correlation occurrence between the shots which have undergone procedure of compression-restoration, thus correlation degree increases with increase in parameters of compression. It is shown, that efficiency of an accumulation method of shots depends on characteristics of an initial signal, compression parameters, and also quantity of the saved up shots.

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