

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА РАЗМНОЖЕНИЯ ОЦЕНОК ПРИ ОБРАБОТКЕ ЧЕРНО-БЕЛЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Марчук В.И., Воронин В.В., Шерстобитов А.И.

Южно-российский государственный университет экономики и сервиса

Для обработки изображений используются различные методы. Наличие резких переходов на изображении от светлых полутонов к темным затрудняет их корректную обработку при использовании существующих алгоритмов фильтрации. Наличие аддитивной шумовой составляющей приводит к ухудшению резкости и как следствие размытию границ изображения. На ряду с ухудшением резкости наблюдается появление ложных точек, отсутствующих на исходном изображении [1].

Изображение можно рассматривать как двумерный сигнал. Для использования существующих методов фильтрации, двумерный сигнал представляют в виде набора одномерных реализации, путём его разложения по строкам или столбцам. В дальнейшем для каждой одномерной реализации (строка или столбец) применяются существующие методы обработки. В общем случае бинарное изображение можно рассматривать как набор одномерных реализаций последовательности прямоугольных видеоимпульсов. Модель изображения представляет собой аддитивную смесь полезной и шумовой составляющей, имеющей нормальный закон распределения. При обработке известными методами происходит сглаживания фронтов прямоугольных видеоимпульсов. На изображении это проявляется в ухудшении его четкости, размытости границ изображенных объектов, появление точек, отсутствующих в исходном изображении. Оценка полезной составляющей затрудняется наличием интенсивной помехи, которая оказывает влияние на принятие решения о пороговом значении между черным и белым цветом.

В работе [2,3] рассматривается обработка результатов измерений, представленных единственной реализацией при непараметрической априорной неопределенности о полезной и шумовой составляющих. Использование метода РАЗОЦ позволяет с высокой точностью оценивать нестационарность по величине среднего, т.е. оценку математического ожидания как функцию от времени. Суть метода состоит в разложении оценок полезной составляющей путем многократного разбиения исходной выборки на интервалы случайной длины и оценивании на них полезной составляющей с помощью аппроксимации линейной или квадратичной функции методом наименьших квадратов.

Целью данной работы исследование возможности использования метода размножения оценок при обработке черно-белых бинарных изображений.

В общем случае, модель строки черно-белого изображения представляют собою дискретную последовательность  $\{x_i\}; i = \overline{1, N}$ , модель которой можно представить в виде:

$X(t) = S(t) + \eta(t)$ , где  $S(t)$  - полезная составляющая (видео сигнал),  $\eta(t)$  - аддитивная шумовая составляющая, распределенная по нормальному закону с математическим ожиданием  $m = 0$  и дисперсией  $\sigma^2$ .

В работе [2] отмечено, что оценка  $\bar{S}(t)$  прямоугольного видеосигнала, имеет сглаженные фронты и пересекает середины фронтов полезной составляющей  $S(t)$ . С целью корректного определения начала и конца фронтов импульса, предлагается в разностном процессе определить (остатки), полученные как разность между оценкой полезной составляющей и входного сигнала, т.е.  $\bar{\eta}(t) = X(t) - \bar{S}(t)$ . Далее определяется максимальное значение разностного процесса  $\max(\bar{\eta}(t))$  и вводится компенсация оценки полезного сигнала на эту величину, то есть из входного сигнала вычитается максимальное значение разностного процесса  $Y(t) = X(t) - \max(\bar{\eta}(t))$ . Далее для каждого значения  $Y(t)$  проверяется условие:  $Y(t) > 0$ ,

При выполнении данного условия принимается решение, что данная точка имеет уровень белого (255), в противном случае – уровень черного (0).

В качестве тестового изображения выбрано два изображения, представляющие собой черный квадрат на белом фоне (рис. 1а) и контур квадрата на белом фоне (рис. 2а). На рис. 1б и 2б представлены результаты обработки изображения с помощью предлагаемого метода. Для исследования эффективности предлагаемого метода, на исходное изображение добавлена аддитивная помеха (рис. 1в и рис. 2в). На рис. 1г и рис. 2г показан результат обработки. Анализ результатов показывает, что при обработке бинарного изображения без шумовой составляющей с помощью метода размножения оценок происходит точное восстановление изображения, то есть правильное определение фронтов уровня белого и черного, а при наличии шумовой составляющей наблюдается появление ложных точек на границах контура отсутствующих на исходном изображении.

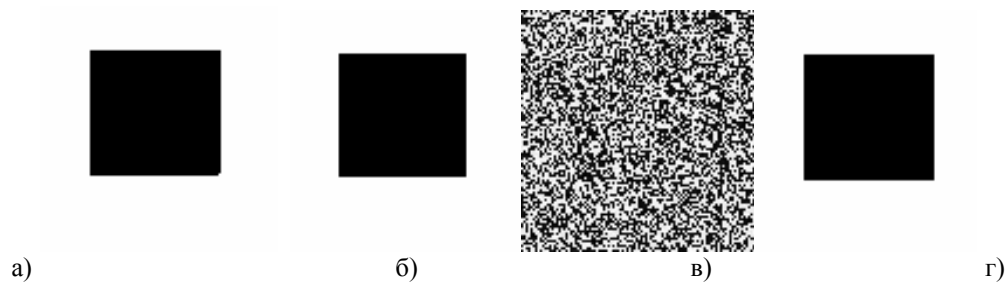


Рис. 1

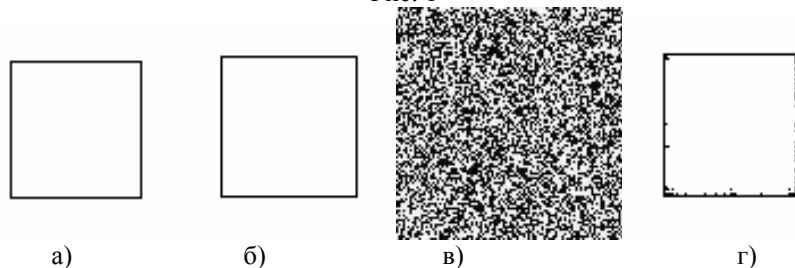


Рис. 2

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- предложен метод оценки полезной составляющей, представляющей собой последовательность видеоимпульсов на основе метода размножения оценок;
- предлагаемый метод позволяет эффективно определять фронты последовательности видеоимпульсов при наличии аддитивной шумовой составляющей;
- исследована возможность использования метода размножения оценок для обработки бинарных изображений;

#### Литература

1. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А. Цифровая обработка изображений в информационных системах. Учебное пособие. – Новосибирск: изд-во НГТУ, 2000. – 168 с.
2. Марчук В.И. Первичная обработка результатов измерений при ограниченном объеме априорной информации: Монография / Под ред. К.Е. Румянцева. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2003. – 160 с.
3. Марчук В.И. Повышение достоверности первичной обработки результатов измерений / В.И. Марчук // Измерительная техника. – М., 2003. – № 12. – С.3-5.

*Работа выполнена в рамках ЕЗН Федерального агентства по образованию*

## USE OF THE METHOD OF DUPLICATION OF ESTIMATIONS AT PROCESSING BLACK-AND-WHITE IMAGES

Marchuk V., Voronin V., Sherstobitov A.

South-russia state university of economics and services

For processing images various methods are used. Presence of sharp transitions on the image from light semi-tones to dark complicates their correct processing at use of existing algorithms of a filtration. Presence additive шумовой a component results in deterioration of sharpness and degradation of borders of the image. С deterioration of sharpness observes occurrence of false points which are absent on initial images [1]. The image can be considered as a bidimensional signal. For use of existing methods of a filtration, the two-dimensional signal is represented as a set one-dimensional with realizations, by its decomposition in the lines or columns for which existing methods of processing are applied. The model of the image represents an additive mix useful and noise component having the normal law of distribution. At processing by known methods occurs smoothings fronts of rectangular video pulses. The estimation of a useful component is at a loss presence of an intensive handicap which influences decision-making on threshold value between black and white color. In work [2,3] processing of results of the measurements submitted by unique realization at nonparametric aprioristic uncertainty about useful and noise component is considered. Use of a method of duplication of estimations (DupEs) allows to estimate with high accuracy not stationary on size of average. The essence of a method will consist in duplication of estimations of a useful component by repeated splitting initial sample into intervals of casual length and reception of an estimation into them of useful approximation of linear or square-law function making with the help by a method of the least squares.

The purpose of the given work research of an opportunity of use "DupEs" at processing black-and-white binary images.

Generally, model of a line of the black-and-white image represent itself discrete sequence  $\{x_i\}; i = \overline{1, N}$  which model can be presented as:  $X(t) = S(t) + \eta(t)$ , Where  $S(t)$  - a useful component (video signal),  $\eta(t)$  - additive noise component distributed under the normal law with a population mean  $m = 0$  and a dispersion  $\sigma^2$ . In work [2] it is marked, that an estimation  $\bar{S}(t)$  of rectangular video signal, has the smoothed fronts and crosses the middle of fronts of a useful component  $S(t)$ . For correct definition of fronts of a pulse it is offered to define process the differences (rests) received as a difference between an estimation of a useful component and an entrance signal, i.e  $\bar{\eta}(t) = X(t) - \bar{S}(t)$ . Further the maximal value of process  $\max(\bar{\eta}(t))$  is defined and indemnification of an estimation of a useful signal on this size is entered, that is from an entrance signal the maximal value  $\max(\bar{\eta}(t))$  is subtracted. Further for each value  $Y(t)$  the condition  $Y(t) > 0$  is checked. At performance of the given condition it is made a decision, that the given point has a level white (255), otherwise - a level black (0).

Thus, on the base of the carried out researches it is possible to draw the following conclusions:

- The method of an estimation of the useful component representing sequence of video pulses on a basis "DupEs" is offered;
- The offered method allows to define effectively fronts of sequence of video pulses at presence additive noise component;
- The opportunity of use "DupEs" for processing binary images is investigated.

### МОДИФИЦИРОВАННЫЙ КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОССТАНОВЛЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Арляпов С.А., Бухтояров С.С., Саутов Е.Ю., Хрящев В.В.

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

150000, Россия, Ярославль, ул. Советская, 14. Тел. (4852) 79-77-75. dcslab@uniyar.ac.ru

#### Введение

Измерение визуального качества изображений является сложным и зачастую неточным искусством, в котором на конечный результат влияет огромное число факторов. Визуальное качество изначально считается субъективным, поэтому весьма непросто учесть всю гамму особенностей при выявлении полной качественной картины этой характеристики [1,2]. Многие разработчики систем цифровой обработки изображений часто опираются на так называемые объективные (алгоритмические) меры качества. Наиболее популярной мерой служит пиковое отношение сигнал/шум (ПОСШ), определяемое по следующей формуле [3]:

$$ПОСШ = 20 \log_{10} \frac{\max_i |x_i|}{\sqrt{СКО}}, \quad СКО = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2, \text{ где } x_i \text{ и } y_i \text{ значения пикселей исходно-}$$

го и восстановленного изображений соответственно, а СКО - среднеквадратичная ошибка. Величина ПОСШ используется для сравнения различных алгоритмов обработки или для изучения влияния разных параметров на производительность того или иного алгоритма [4,5].

Широкое применение СКО и ПОСШ в практических целях обусловлено тем, что подсчет этих характеристик математически прост и не требует больших вычислительных затрат. Однако следует заметить, что величина СКО в отдельных случаях может незначительно изменяться при существенном ухудшении качества изображения, а, следовательно, она также как и ПОСШ не может быть взята за основу в построении оптимальных с визуальной точки зрения систем восстановления изображений [1,6]. Этот факт наблюдается, например, в алгоритмах медианной фильтрации и может расцениваться как несостоятельность оценки качества обрабатываемых изображений при использовании данной метрики ошибок. Необходимо отметить и то, что величина ПОСШ не может в полной степени отразить воздействие на изображение различных видов помех [7], т. е. при наличии в изображении разных видов шумов её значение может оставаться одним и тем же, а качество изображения значительно изменяться. Следовательно, при построении оптимальных систем цифровой обработки изображений необходимо пользоваться другими метриками качества, которые лучше соответствуют суждениям «живых» зрителей.

#### Универсальный индекс качества изображений

В данной работе предлагается использование универсального индекса качества (УИК) изображений в качестве критерия для определения оптимальных параметров фильтра, в зависимости от вида и степени искажения входного сигнала. Универсальность данного критерия заключается в том, что он отражает не только некоторую схожесть обработанного изображения по отношению к оригиналу, но и должным образом учитывает различные виды искажений. Данный метод основывается на статистическом анализе отдельных блоков входного сигнала и дальнейшего сравнения полученных результатов со значениями эталонного изо-

бражения. Таким образом, как и в случае вычисления ПОСШ недостатком данного метода является то, что для его нахождения помимо входного изображения необходимо иметь некоторый эталонный сигнал, соответствующий данному изображению [8].

Рассмотрим две последовательности  $\{x_i\}$  и  $\{y_i\}$   $i=1,2,\dots,N$ , соответствующие эталонному и восстановленному изображениям, тогда универсальный индекс качества будет определяться комбинацией статистических характеристик (математического ожидания, дисперсии и корреляционной функции) соответствующих сигналов по следующей формуле:

$$УИК = \frac{4\sigma_{xy} \bar{x} \bar{y}}{[\sigma_x^2 + \sigma_y^2][(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2]}, \quad \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i, \quad \sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2, \\ \sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2, \quad \sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}).$$

Значение УИК изменяется в интервале  $[-1, 1]$ , при этом УИК = 1 соответствует наилучшему качеству изображения. Важно отметить, что максимальное значение УИК = 1 получается только тогда, когда  $y_i = x_i$  на протяжении всего сигнала ( $i=1,2,\dots,N$ ), а минимальное значение УИК = -1, в случае если  $y_i = 2\bar{x} - x_i$ ,  $i=1,2,\dots,N$ . Определённый таким образом индекс качества учитывает в себе три искажающих фактора: степень коррелированности отчетов двух сигналов, искажение яркости и искажение контрастности относительно оригинального сигнала. В результате этого исходное выражение может быть представлено в виде произведения трёх множителей:

$$УИК = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \cdot \frac{2\bar{x} \bar{y}}{(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2} \cdot \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$$

Данное представление УИК способствует хорошей согласованности его значений с визуальными критериями качества. Однако следует заметить, что в общем случае цифровой сигнал, соответствующий некоторому изображению не является стационарным, а поэтому прямое использование формулы для вычисления УИК в данном случае недопустимо. Вследствие этого необходимо выделить в изображении отдельные локальные области размером  $A \times B$ , в пределах которых сигнал можно считать стационарным и вычислять статистические характеристики (математическое ожидание, дисперсию и корреляционную функцию) внутри этой области, а уже на основании их вычислять значение  $УИК_i$ , соответствующее выделенному блоку. Таким образом, УИК, характеризующий изображение в целом будет определяться как среднее арифметическое значений  $УИК_i$  на протяжении всего изображения, то есть

$$УИК = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M УИК_i, \text{ где } M - \text{число блоков, внутри которых вычислялся УИК.}$$

**Результаты моделирования**

Проведём сравнительный анализ УИК со значениями ПОСШ для ряда изображений, подверженных различным искажающим факторам [9]. На рис.1 представлены изображения с различными видами искажений и соответствующие им значения универсального индекса качества (УИК), при этом величина ПОСШ одинакова для всех изображений и равна 23.4 дБ.



а) УИК = 1.0, СКО = 0



б) УИК = 0.8561, ПОСШ = 23.4дБ



в) УИК = 0.7030, ПОСШ = 23.4дБ



г) УИК = 0.5174, ПОСШ = 23.4дБ

Рис. 1. Анализ качества изображений: оригинал 256×256 пикселей (а), изображение, обработанное ФВЧ (б), изображение с импульсным биполярным шумом (в), изображение с белым шумом (г).

Из полученных результатов видно, что УИК достаточно точно отражает визуальное качество преобразованных изображений. В то время как ПОСШ остаётся постоянным, величина нового универсального индекса качества изменяется в пределах от 0.5174 до 0.8561. Исходя из этого, можно утверждать, что использование УИК в качестве критерия визуального качества в задачах цифровой обработки изображений вполне целесообразно.

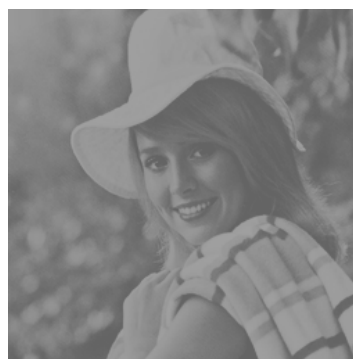
Наиболее отчётливо расхождения в показателях УИК и ПОСШ наблюдаются при использовании метода выравнивания гистограмм в задачах цифровой обработки изображений. На рис. 2. представлены изображения, имеющие различные виды гистограмм и соответствующие им значения ПОСШ и УИК. Из представленных рисунков следует, что исходя из показаний ПОСШ линейризация гистограммы (увеличение контрастности) входного изображения ухудшает его визуальное качество в большей степени, чем операция понижения контрастности того же изображения, что не соответствует действительности. В свою очередь УИК достаточно точно отражает результат видоизменения гистограммы и в представленном случае не противоречит визуальной оценке.

#### Заключение

Применение УИК не ограничивается структурой входного сигнала: он может использоваться не только в системах цифровой обработки статических изображений, но и для оценки качества видеопоследовательностей [10]. На базе данного критерия возможно построение новых оптимальных алгоритмов обработки цифровых изображений, а также объективное сравнение работ уже существующих алгоритмов. Результаты, представленные в данной работе, показывают хорошую корреляцию между УИК и визуальным качеством изображения. Все это указывает на актуальность проведения дальнейших работ в данной области исследований.



а) УИК = 0.8795, ПОСШ = 18.6 дБ



б) УИК = 0.6416, ПОСШ = 19.0дБ

Рис. 2. Сравнение показаний УИК и ПОСШ при видоизменении гистограммы изображения: линейризация гистограммы (а), усечение гистограммы (б).

#### Литература

1. Р. Гонсалес, Р. Вудс. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005.
2. Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений. Под ред. Ю.Б. Зубарева и В.П. Дворковича. – М. 1997.
3. Д. Сэлмон. Сжатие данных, изображений и звука. – М.: Техносфера, 2004.
4. Приоров А.Л., Ганин А.Н, Хрящев В.В. Цифровая обработка изображений: Учеб. пособие / Ярославль, 2001.

5. П. Звонарев, А. Приоров, Е. Саутов, В. Хрящев. Пакет прикладных программ по цифровой обработке изображений // Доклады 7-й Международной конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение», Москва, 2005. Т.2. С. 307-309.

6. G. Aubert, P. Kornprobst. *Mathematical Problems in Image Processing: Partial Differential Equations and the Calculus of Variations.* – Springer Verlag, 2002.

7. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений. Под ред. Т.С. Хуанга. – М.: Радио и связь, 1984.

8. Z. Wang, A. C. Bovik, “A Universal Image Quality Index,” *IEEE Signal processing letters* vol. 9, issue 3, 2002, pp. 81–84.

9. Цифровое преобразование изображений. Под ред. Р.Е. Быкова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003.

10. Я. Ричардсон. Видеокодирование. H.264 и MPEG-4 – стандарты нового поколения. – М.: Техносфера, 2005.

◆

## MODIFIED CRITERIA OF RESTORED IMAGES QUALITY ESTIMATION

Arlyapov S., Byhtoyarov S., Saytov E., Khryashchev V.

Yaroslavl State University

14, Sovyetskaya st., Yaroslavl, Russia, 150000ю Phone 7-4852-79-77-75. dcslab@uniyar.ac.ru

Measurement of visual quality is difficult and frequently inexact art, where the end result is influenced with huge number of factors. Initially visual quality is considered as subjective criterion, therefore it is difficult take into account all factors influencing on this characteristic. Many engineers of digital image processing systems frequently use so-called objective (algorithmic) measures of image quality. As the most popular measure for today is peak signal to noise ratio (PSNR) described by following formula:

$$PSNR = 20 \log_{10} \frac{\max_i |x_i|}{\sqrt{MSE}}, \quad MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2, \text{ where } x_i \text{ and } y_i \text{ represent pixel values for}$$

initial and restored images accordingly, and MSE is a mean-squared error. Value of PSNR is frequently used for comparison various algorithms of image processing or for studying influence of different parameters on their productivity.

Widely use of MSE and PSNR in the practical purposes and image processing applications is caused by following reasons: simple calculation of their characteristics and low computational complexity. However it is necessary to notice, there are some cases when value of MSE can be a little increased but the image quality is significant changed and therefore MSE as well as PSNR can not be taken as the basis criterion for the construction optimum image processing systems of restoration images.

As a result of it statement in this paper a universal image quality index (UIQI) is offered as a basis criterion for the construction optimum image processing systems (filtering systems) of restoration images, because it value are well be correlated with subjective criteria of image quality and depend on type of distortion factor and distortion degree for an entrance signal. Value of UIQI is calculating by following formula:

$$UIQI = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \cdot \frac{2\bar{x}\bar{y}}{(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2} \cdot \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}.$$

Universality of the given criterion consists not only in estimation some similarity of the processed image in relation to the original, but also in properly takes into account various kind of distortion factors. The given method is based on the statistical analysis of separate blocks of an entrance signal and the further comparison of the received results with values of the reference image. Thus, as well as in case of calculation PSNR or MSE the big lack of this method is necessity of presence reference (original) image appropriate to given one for calculating value of universal image quality index.

Application of UIQI is not limited to structure of an entrance (input) signal: it can be used not only in systems of digital processing of any static images, but also for estimation quality for some video sequences. On the basis of the offered criterion is possible to construct new optimum algorithms of digital image processing and also objective comparison productivity works of already existing algorithms. The results submitted in this paper show good correlation between new image quality metrics UIQI and subjective visual criterion based on human visual system (HVS). All of these statements specify an urgency of further works realization in given area researches.