

Результаты применения выборочных параметров локального контрастирования для отдельных частей изображения

И. Ю. Грицкевич¹, Н. А. Ерганжиев²

АО ОКТБ «ОМЕГА»

¹amdandati@yandex.ru, ²nikolai.erganzhiev@oktb-omega.ru

Аннотация. В работе приводятся результаты улучшения существующего метода локального контрастирования изображений. Рассматриваются параметры обработанного изображения и его артефакты в сравнении с алгоритмами CLANE и «оконным CLANE». Делается вывод о преимуществе выбора параметров обработки оконным CLANE с использованием отличающихся параметров размера окна и степени ограничения яркости для каждого объекта на изображении.

Ключевые слова: адаптивное выравнивание гистограммы; повышение контраста; видеоизображение; видеопоток; локальное контрастирование; «оконный» метод обработки; улучшение обнаружения

Метод CLANE для выравнивания распределения яркости пикселей в изображении изначально использовался как метод обработки изображений в авиации. На данный момент этот приём служит во многих системах машинного зрения в качестве предобработки изображений [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Применение локальных методов обработки изображений часто приводит к возникновению артефактов [7, 8].

В данной работе анализируются методы использования локальной эквализации, выполняется их сравнение и обоснованность применения выборочных параметров локального контрастирования и размера обрабатываемой области для разных частей изображения.

I. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА

Целью эквализации является переназначение уровней серого в исходном изображении и получение новой гистограммы с равномерным распределением яркости для улучшения контраста изображения. В методе эквализации гистограмма функции трансформации вычисляется с помощью кумулятивной функции распределения (CDF). Пересчет гистограммы с помощью этой функции делает ее более плоской и покрывающей более широкий динамический диапазон, максимально подчеркивая глобальный контраст изображения [4]. В традиционном методе CLANE изображение разбивается на отдельные области, в каждой из которых строится своя функция

трансформации. После расчёта значения коэффициентов заданных областей усредняются. Таким образом, как и в методах глобальной эквализации изображений, уровни серого с наибольшим значением функции распределения вероятности (обычно принадлежащие фону) станут наиболее интенсивными, а уровни с наименьшим значением (как правило, являющиеся целью) будут значительно ослаблены или даже утеряны [7, 8, 9, 10, 12].

Чрезмерное усиление может с высокой долей вероятности возникнуть в ИК изображениях с большим количеством однородных областей. В худшем случае, шум фона может быть значительно усилен [11].

Предлагаемый же алгоритм локального контрастирования методом оконного CLANE предполагает вычисление локального контраста для каждого пикселя, находящегося в центре «окна». Нововведением в рассматриваемом «оконном» алгоритме является выделение на изображении отдельных объектов (целей), которые обрабатываются «меньшим» окном, использованием отличного от общего коэффициента ограничения контраста (рис. 1).



Рис. 1. Обработка изображения «оконным CLANE»

Для краевых областей недостающие пиксели формируются отзеркаливанием (пикселями, расположенными в обратном порядке на противоположной части изображения от центра окна [3]). Отзеркаливаемые области заштрихованы наклонно, области не требующие отзеркаливания не заштрихованы, а обрабатываемые

«оконным CLANE» заштрихованы в мелкую клетку (рис. 1).

Определение пикселей, являющихся «целью», происходит по значению яркости задаваемого порога (рис. 2).



Рис. 2. Бинаризация по порогу

Бинаризация – это выделение площадей, определяемых «целью».

II. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Выбираем исходное изображение (рис. 3).



Рис. 3. Исходное изображение

- Результат обработки исходного изображения методом CLANE (рис. 4). Исходное изображение разбивается на плитки. Для каждой плитки рассчитываются коэффициенты, между которыми для всех плиток производится интерполяция до размера кадра с целью получения интерполированного коэффициента для каждого пикселя. Clip_limit – коэффициент ограничения контраста = 2 %.



Рис. 4. Результаты обработки изображения методом CLANE с разбиением на «плитки», размер области 16x16, Clip_limit = 2 %

- Результаты обработки исходного изображения «оконным CLANE». Для окрестности каждого пикселя строится своя область, в которой считаются индивидуально коэффициенты преобразования яркости, исходя из интегральной функции распределения в этой области. Clip_limit – коэффициент ограничения контраста = 6 % (рис. 5).



Рис. 5. Результат обработки «оконным CLANE», размер окна 100x100, Clip_limit = 6 %

- Как и в предыдущем варианте, обработка производится методом «скользящего окна», но для отдельных объектов используются свои размеры плитки 16x16 и свой (относительно остального изображения) Clip_limit коэффициент ограничения контраста = 2 % (рис. 6).



Рис. 6. Результат обработки «оконным CLANE», но для бинаризованных пикселей (целей) размер скользящего окна и ограничение контраста отличаются: размер окна для выделенных пикселей 16x16, Clip_limit = 2 %, для остальных пикселей размер окна 100x100, Clip_limit = 6 %

Для оценки качества обработанных изображений воспользуемся методом оценки локального контраста Мехельсона:

$$MC = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}},$$

где MC – контраст Мехельсона, I_{\max} и I_{\min} – наибольшее и наименьшее значение яркости в локальной области.

Для вычисления MC изображение разделено на блоки размером 100x100 пикселей, после чего для каждого блока вычислено значение MC. Полученные значения усреднены и среди них находится минимум, который и показывает наихудший контраст, достигнутый при применении алгоритма [13].

Меру структурного подобия SSIM вычисляем по формулам:

$$SSIM = \left(\frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \right) \left(\frac{2\bar{X}\bar{Y}}{(\bar{X})^2 + (\bar{Y})^2} \right) \left(\frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \right) \quad (1)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N x_{ij}, \bar{Y} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N y_{ij};$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{(M-1)(N-1)} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_{ij} - \bar{X})^2;$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{(M-1)(N-1)} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (y_{ij} - \bar{Y})^2;$$

$$\sigma_{xy}^2 = \frac{1}{(M-1)(N-1)} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_{ij} - \bar{X})(y_{ij} - \bar{Y}),$$

где \bar{X}, \bar{Y} – средние значения яркостей пикселей изображений X и Y ; M, N – размеры изображения. Первая составляющая выражения (1) $\left(\frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \right)$ является коэффициентом корреляции между изображениями X и Y .

Вторая составляющая $\left(\frac{2\bar{X}\bar{Y}}{(\bar{X})^2 + (\bar{Y})^2} \right)$ характеризует сходство средних значений яркостей двух сравниваемых изображений. Третья составляющая $\left(\frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \right)$ характеризует сходство контрастов двух сравниваемых изображений [14, 15, 16].

СКО (MSE) – среднеквадратичная ошибка, рассчитывается по формуле, приведенной в [15]:

$$MSE = \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{i=0}^{N_1-1} \sum_{j=0}^{N_2-1} |M_0(i, j) - M(i, j)|^2,$$

где N_1, N_2 – размер изображений в пикселах; M_0, M – матрицы яркостей исходного и искаженного изображений соответственно [14, 15].

В таблице результаты обработки изображения тремя методами сравнивались по трём вышеописанным критериям: локальному контрасту Мехельсона, SSIM – мере структурного подобия и MSE – среднеквадратичной ошибке.

ТАБЛИЦА 1 ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Параметр	Тип обработки			
	Исходное изображение	CLANE Плитка 16x16 Clip_limit = 6 %	CLANE «окном» 100x100 Clip_limit = 2 %	CLANE «окно» общее 100x100 Clip_limit = 2 %, цель 16x16 Clip_limit = 6 %
Контраст Мехельсона	0.03	0.1606	0.0506	0.078
Мера структурного подобия	1	0.6657	0.9363	0.9231
Среднеквадратичная ошибка	0	1554.2	302.0308	339.9833
Сюжетная коррекция	-	После обработки всего кадра	В реальном времени	В реальном времени
Автоматическая коррекция обрабатываемых областей и плато	-	Под кадр в целом	Под кадр в целом	Под фон и цель
Артефакты		На градиентах и от фона	Малы на градиентах	Малы на градиентах

III. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Количественные оценки показывают превосходство изменения параметров для цели в увеличении локального контраста на 56 % в зависимости от сюжета. Предлагаемый метод улучшает на 25 % структурное подобие. Заметность артефактов существенно меньше. Обработка других изображений (как видимого, так и ИК-диапазонов), не приведённых в статье, дают схожие с описываемыми результаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] R.A. Hummel, Histogram modification techniques, report TR-329, University of Maryland, September 1974
- [2] David J. Ketcham, Image Enhancement techniques for Cockpit Display NR213-724 1/11/74-December 1974
- [3] S. M. Pizer, et.al “Adaptive Histogram Equalization and Its Variations”, CV Graphics and Image Processing, Vol. 39, pp.355-368, 1987
- [4] S.M. Pizer, et.al, “Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization: Speed and Effectiveness,” in Proceedings of the First Conference on Visualization in Biomedical Computing, 1990, pp. 337–345.
- [5] А.С. Спижевой, А.И. Оголихина и др. «Автоматическое оценивание возраста человека с использованием адаптивного выравнивания яркости и биологически обусловленных признаков» Вестник Ниж. университета им. Н.И. Лобачевского, 2014, № 1 (1), с. 273–279
- [6] Sevastopolsky Artem. Optic Disc and Cup Segmentation Methods for Glaucoma Detection with Modification of U-Net Convolutional Neural Network // arXiv preprint arXiv:1704.00979. — 2017.
- [7] Pabla B. Aquino-Morínigo. Bi-histogram equalization using two plateau limits Signal Image and Video Processing December 2016, Signal, Image and Video Processing 2017 DOI10.1007/s11760-016-1032-0
- [8] Chen Hee Ooi Bi-histogram equalization with a plateau limit for digital image enhancement November 2009 IEEE Transactions on Consumer Electronics
- [9] Vickers V.E. Plateau equalization algorithm for real-time display of high-quality infrared imagery. Optical Engineering, 35(7): 1921–1926.

- [10] Y.-T. Kim, "Contrast enhancement using brightness preserving bi-histogram equalization," IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 43, no. 1, 1997 pp. 1–8.
- [11] M. Wan, G. Gu, W. Qian, K. Ren, Q. Chen, X. Maldague "Infrared Image Enhancement Using Adaptive Histogram Partition and Brightness Correction" Remote Sens. 2018, 10, p. 682.
- [12] Завалишин С.С. «Алгоритм адаптивного контрастирования изображения», ММТТ, с. 206-208.
- [13] Michelson A.A. Studies in Optics //University of Chicago.1927.pp. 40-41.
- [14] Кокошкин А.В., Коротков В.А., Коротков К.В., Новичихин Е.П. «Сравнение объективных методов оценки качества цифровых изображений» Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Фрязинский филиал "Журнал радиоэлектроники" N 6, 2015.
- [15] Wilder W.C. Subjective Relevant Error Criteria for Pictorial Data Processing // Purdue University, School of Electrical Engineering, Report TR-EE 72-34, December 1972.
- [16] Монич Ю.И., Старовойтов В.В. «Оценки качества для анализа цифровых изображений» «Искусственный интеллект» 4'2008. С. 376-386.