

## УПРАВЛЕНИЕ КонтРАСТОМ И ЯРКОСТЬЮ ЦИФРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ПУТЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЯРКОСТИ ПИКСЕЛЕЙ ПОСРЕДСТВОМ СТЕПЕННОЙ ФУНКЦИИ

*А. Б. Раухваргер, В. В. Мартьянов*

*Ярославский государственный технический университет,  
Ярославль, Российская Федерация*

Рассмотрена возможность управления яркостью и контрастом цифрового изображения путем преобразования яркости пикселей посредством степенной функции. Проведены расчеты характеристик преобразованных изображений на простой модели темного слабоконтрастного изображения. Определены предпочтительные значения параметров и возможные диапазоны изменения яркости и контраста. Исследованы результаты преобразования темных слабоконтрастных изображений в сравнении с результатами обработки изображений другими методами (приближенным приведением гистограммы к равномерному распределению и телевизионным алгоритмом). Установлено, что параметры рассмотренного преобразования можно подобрать так, что улучшение различимости деталей изображения будет значительнее, чем при использовании методов, с которыми производится сравнение.

**Ключевые слова:** темные слабоконтрастные изображения, обработка, контраст, пиксель, яркость пикселя, равномерное распределение, телевизионный алгоритм, степенная функция.

**Для цитирования:** Раухваргер А. Б., Мартьянов В. В. Управление контрастом и яркостью цифрового изображения путем преобразования яркости пикселей посредством степенной функции // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2020. № 2. С. 70–76. DOI: 10.24143/2072-9502-2020-2-70-76.

### Введение

Известны различные алгоритмы обработки цифровых изображений с целью повышения различимости их деталей [1–3], отличающиеся сложностью реализации, временем исполнения, степенью различимости в различных областях новых изображений, получающихся в результате обработки. Все эти алгоритмы используют известные психофизические закономерности восприятия яркости [4]: наличие абсолютного порога чувствительности и приближенно пропорциональное увеличение порога различимости с увеличением яркости.

Для темных слабоконтрастных изображений важно увеличение средней яркости, но особенно важен второй аспект, делающий недостаточным для усиления различимости деталей простое увеличение яркости каждого пикселя в одинаковое число раз: различие яркостей разных пикселей должно увеличиваться более сильно, чем пропорционально. В этой работе предлагается добиваться этого увеличением яркостей пикселей посредством степенной функции

$$z = ky^n, \quad (1)$$

где  $y$  – исходная;  $z$  – новая яркость пикселей;  $n$  – задаваемый показатель степени, больший 1;  $k$  – задаваемый коэффициент. Как и при всех преобразованиях яркости, результаты вычислений по формуле (1) должны корректироваться округлением до целых и заменой значений, выходящих за границу допустимого диапазона 0–255, граничным значением.

Значение коэффициента  $k$  можно связать с ожидаемой глобальной контрастностью, характеризующейся среднеквадратичным отклонением яркости пикселей в преобразованном изображении  $\sigma$ :

$$k = \frac{\sigma}{\sqrt{y^{2n} - y^n}},$$

где  $\overline{y^n}$  – среднее значение степеней яркостей пикселей с показателем  $n$  в исходном изображении;  $\overline{y^{2n}}$  – среднее значение квадратов степеней яркостей пикселей с показателем  $n$  в исходном изображении.

### Расчеты на модели темного слабоконтрастного изображения

Для определения предпочтительных значений параметров  $\sigma$  и  $n$  рассмотрим следующую модель темного слабоконтрастного изображения: пиксели сплошь заполняют интервал яркостей  $0-y_{\max}$  с одинаковой частотой  $\omega_y = 1/(y_{\max} + 1)$ .

Для такого изображения можно определить зависимость  $k$  от  $n$  для обеспечения максимальной различимости деталей при заданном  $n$  из условия приобретения пикселем с яркостью  $y_{\max}$  граничного значения яркости 255, что в соответствии с (1) дает

$$k = 255 / y_{\max}^n. \quad (2)$$

Если для таких изображений коэффициент  $k$  превысит значение, определяемое по формуле (2), то различимость в светлой области будет снижаться, т. к. некоторые пиксели с разной исходной яркостью будут иметь одинаковую яркость 255.

С учетом (1) для данной модели получим выражение для наибольшего значения среднеквадратичного отклонения:

$$\sigma_{\max} = 255 \frac{\sqrt{\overline{y^{2n}} - \overline{y^n}^2}}{y_{\max}^n}. \quad (3)$$

На рис. 1 приведены графики, рассчитанные по формуле (3).

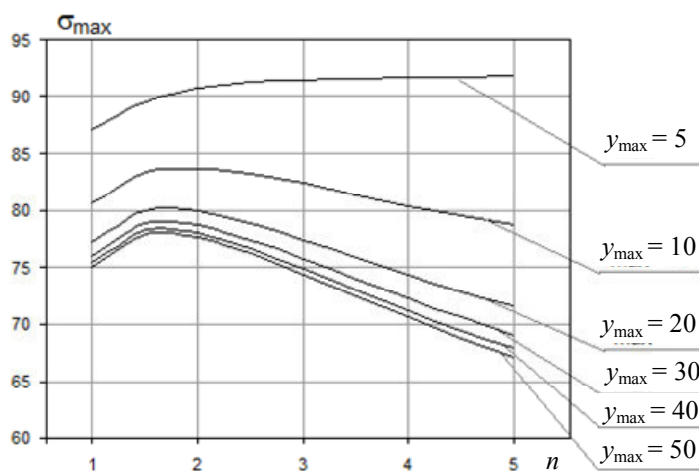


Рис. 1. Зависимость максимального среднеквадратичного отклонения от показателя степени преобразования при разных значениях яркостной ширины модельного темного слабоконтрастного изображения

Среднеквадратичное отклонение характеризует глобальную контрастность изображения, но недостаточно для определения степени различимости деталей. Для этого, в соответствии с психофизическими закономерностями, в случае исходного изображения, определенного описанной моделью, нужна дополнительная характеристика, определяющая, насколько велики стали различия яркостей, которые в исходном изображении имели соседние значения по сравнению с текущим уровнем яркости. В качестве такой характеристики можно взять величину

$$\varepsilon = 2 \frac{z(y+1) - z(y)}{z(y+1) + z(y)},$$

представляющую собой среднее отношение разности яркостей в преобразованном изображении для соседних уровней в исходном к их среднему значению. Эту величину в дальнейшем будем называть средней различимостью.

На рис. 2. приведены графики средней различимости.

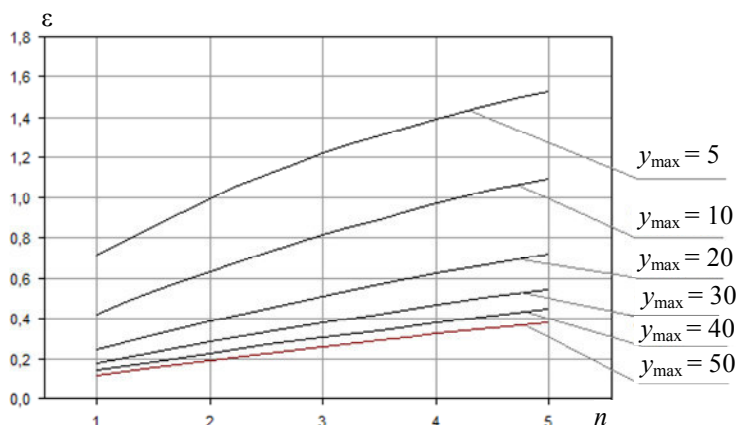


Рис. 2. Зависимость средней различимости от показателя степени преобразования при разных значениях яркостной ширины модельного темного слабоконтрастного изображения

В отличие от среднеквадратичного отклонения эта величина монотонно растет с увеличением  $n$ .

### Исследование результатов обработки в сравнении с другими методами

С помощью специально разработанной программы проводились исследования результатов преобразования темных слабоконтрастных изображений, близких по гистограмме яркости к модельному, посредством степенной функции в сравнении с другими методами.

Для сравнения использовались: приближенное приведение гистограммы к равномерному распределению, основанное на вычислении предварительных значений новой яркости пикселей по формуле

$$z = 255 \sum_{i=0}^y \omega_i, \quad (4)$$

где  $\omega_i$  – частота пикселей с яркостью  $i$ , и телевизионный алгоритм, в котором предварительные новые значения яркостей определяются выражением

$$z = y + k(y - \bar{y}), \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент контраста, который можно связать с исходным ( $\sigma_y$ ) и ожидаемым ( $\sigma_z$ ) среднеквадратичными отклонениями  $k = \frac{\sigma_z}{\sigma_y} - 1$ . Значения, рассчитанные по формулам (4) или (5),

подлежат дальнейшей корректировке отбрасыванием дробной части и заменой выходящих за пределы допустимого диапазона значений соответствующими граничными значениями.

Приведем пример сравнения обработки темного слабоконтрастного изображения (рис. 3) с практически неразличимыми деталями, близкого по характеристикам к модельному, посредством рассматриваемого алгоритма и указанными методами.



Рис. 3. Исходное изображение

Результат обработки этого изображения приведением к равномерному распределению показан на рис. 4.



Рис. 4. Результат обработки исходного изображения приведением к равномерному распределению

На рис. 5 приведен результат применения телевизионного алгоритма с ожидаемым среднеквадратичным отклонением 70.



Рис. 5. Результат обработки исходного изображения телевизионным алгоритмом с ожидаемым среднеквадратичным отклонением 70

В сравнении друг с другом эти результаты имеют свои плюсы и минусы с точки зрения различимости конкретных деталей изображения. Например, деревья слева лучше различимы на рис. 5, однако дерево справа хорошо распознается на рис. 4, но практически не распознаваемо на рис. 5.

На рис. 6 приведен результат обработки исходного изображения степенной функцией при  $k = 0,79$  и  $n = 2$ .



Рис. 6. Результат обработки исходного изображения степенной функцией при  $k = 0,79$  и  $n = 2$

Здесь различается все, что различается хотя бы на одном из изображений на рис. 4 и рис. 5, но имеются и детали, которые неразличимы или очень слабо различимы при этих обработках. Так, например, хорошо проявляются окна на торцевой стене здания, что совершенно нераспознаваемо на рис. 4 и требует догадки на рис. 5.

Подобные результаты сравнений получаются и для других исследуемых изображений.

### Заключение

Рассмотрена возможность обработки темных слабоконтрастных изображений изменением яркости пикселей посредством степенной функции. На простой модели темного слабоконтрастного изображения проведены расчеты, определяющие предпочтительные параметры преобразования.

С помощью разработанной программы проведены сравнительные исследования результатов обработки рассматриваемым способом с обработкой посредством приведения к равномерному распределению и телевизионного алгоритма на темных слабоконтрастных изображениях.

Установлено, что рассматриваемое преобразование для данного класса цифровых изображений эффективнее алгоритмов, с которыми проводилось сравнение, с точки зрения различимости деталей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2012. 1104 с.
2. Фисенко В. Т., Фисенко Т. Ю. Компьютерная обработка и распознавание изображений. СПб.: Изд-во СПбГУ ИТМО, 2008. 192 с.
3. Раухваргер А. Б., Дудин Д. А. О регулировании контраста черно-белого изображения с использованием нормального закона распределения // Математика и естественные науки. Теория и практика. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. Вып. 13. С. 230–236.
4. Никандров В. В. Психофизика и психофизические методы. СПб.: Речь, 2005. 192 с.

Статья поступила в редакцию 18.12.2019

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Раухваргер Алексей Борисович* – Россия, 150023, Ярославль; Ярославский государственный технический университет; канд. физ.-мат. наук, доцент; доцент кафедры информационных систем и технологий; abrrs@yandex.ru.

*Мартьянов Владислав Владимирович* – Россия, 150023, Ярославль; Ярославский государственный технический университет; магистрант кафедры информационных систем и технологий; stimulmonk@yandex.ru.



## CONTROLLING CONTRAST AND LUMA OF DIGITAL IMAGES BY TRANSFORMATION OF PIXEL BRIGHTNESS THROUGH POWER FUNCTION

*A. B. Raukhvarger, V. V. Martyanov*

*Yaroslavl State Technical University,  
Yaroslavl, Russian Federation*

**Abstract.** The article considers the possibility of controlling the brightness and contrast of the digital image by transformation of the pixel brightness through the power function. Analysis of the parameters of the converted images on the simple model of dark low contrast image has been carried out. The preferred values of parameters and possible ranges of brightness and contrast are determined. The results of transformation of the dark low contrast images compared with the results of image processing by other methods (approximated by reduction of a histogram to a uniform distribution and a television algorithm) are investigated. It has been stated that the parameters of the considered transformation can be chosen, so that the improvement of the distinguishability of the image details will be much better than using the methods with which the comparison is made.

**Key words:** dark low-contrast images, digital image processing, contrast, pixel, pixel luma, uniform distribution, television algorithm, power function.

**For citation:** Raukhvarger A. B., Martyanov V. V. Controlling contrast and luma of digital images by transformation of pixel brightness through power function. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*. 2020;2:70-76. (In Russ.) DOI: 10.24143/2072-9502-2020-2-70-76.

#### REFERENCES

1. Gonsales R., Vuds R. *Tsifrovaia obrabotka izobrazhenii* [Digital image processing]. Moscow, Tekhnosfera Publ., 2012. 1104 p.
2. Fisenko V. T., Fisenko T. Iu. *Komp'iuternaia obrabotka i raspoznavanie izobrazhenii* [Computer processing and image recognition]. Saint-Petersburg, Izd-vo SPbGU ITMO, 2008. 192 p.
3. Raukhvarger A. B., Dudin D. A. O regulirovanii kontrasta cherno-belogo izobrazheniia s ispol'zovaniem normal'nogo zakona raspredeleniia [On adjusting contrast of black-and-white image using normal distribution law]. *Matematika i estestvennye nauki. Teoriia i praktika*. Iaroslavl', Izdat. dom IaGTU, 2018. Iss. 13. Pp. 230-236.
4. Nikandrov V. V. *Psikhofizika i psikhofizicheskie metody* [Psychophysics and psychophysical methods]. Saint-Petersburg, Rech' Publ., 2005. 192 p.

The article submitted to the editors 18.12.2019

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Raukhvarger Alexey Borisovich** – Russia, 150023, Yaroslavl; Yaroslavl State Technical University; Candidate of Physics and Mathematics, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Information Systems and Technologies; abrrs@yandex.ru.

**Martyanov Vladislav Vladimirovich** – Russia, 150023, Yaroslavl; Yaroslavl State Technical University; Master's Course Student of the Department of Information Systems and Technologies; stimulmonk@yandex.ru.

