

**А. А. Борискевич**

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь*

### **УСТОЙЧИВЫЙ МЕТОД НОРМАЛИЗАЦИИ ОТСКАНИРОВАННОГО МОБИЛЬНЫМ УСТРОЙСТВОМ ИЗОБРАЖЕНИЯ ШТРИХКОДА**

Разработан метод нормализации отсканированного мобильным устройством изображения штрихкода, основанный на итерационной пороговой бинаризации, формировании контурного бинарного изображения, преобразовании Хафа, коррекции позиций угловых граничных точек и проективном преобразовании плоскости. Представлены результаты компьютерного моделирования. Данный метод обеспечивает инвариантность к условиям печати и съемки (к вращению изображения в диапазоне от  $-45^\circ$  до  $45^\circ$  и неравномерному освещению изображений штрихкода) за счет использования процедур предварительной обработки, локализации граничных угловых точек и компенсации геометрических искажений цифровых изображений штрихкода.

*Ключевые слова:* изображение штрихкода, контурное бинарное изображение, преобразование Хафа, локализация граничных точек, проективное преобразование, мобильное устройство.

**A. A. Boriskevich**

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus*

### **A ROBUST METHOD FOR NORMALIZATION OF BARCODE IMAGES SCANNED WITH A MOBILE DEVICE**

A robust method of normalizing barcode images scanned with a mobile device based on iterative threshold binarization, forming the edge binary image, Hough transform, correction of the angular position of the boundary points and the projective transform is developed. The results of the computer simulation are presented. The method provides the invariance to conditions of printing and lightening (image rotation invariance in the range from  $-45^\circ$  to  $45^\circ$ , and noninform barcode image illumination invariance) due to using procedures of preprocessing, boundary corner point localization and geometric distortion compensation of the digital barcode images.

*Keywords:* barcode image, binary edge image, Hough transform, boundary point localization, projective transform, mobile phone

**Введение.** В настоящее время разработано множество двумерных (2D) штриховых кодов, представляющих собой последовательность черных и белых вертикальных прямоугольников различной ширины или других геометрических фигур, характеризуемых различным соотношением занимаемое место/количество информации [1]. Основными параметрами при выборе сканера штрихкода являются его способность считывать/декодировать определенный тип штрихового кода, невысокие требования к его стоимости, качеству и скорости сканирования штрихкодов, условиям печати и освещения. Сканеры штрихкода можно разделить на светодиодные CCD (Charge-Coupled Device, прибор с зарядовой связью)-матрицы, лазерные, Linear Image (линейный фотосканер) и Area Image (матричный фотосканер для считывания двумерных штрихкодов с мини-камерой и современными алгоритмами распознавания и декодирования) [1]. Возможности использования мобильных устройств для надежного считывания и декодирования штрихкодов ограничены достаточно высокими требованиями к условиям печати и съемки. Изображения, полученные с помощью мобильных телефонов, характеризуются неоднородным освещением, размытием и геометрическими искажениями. Последние обусловлены углом съемки мобильным телефоном, размытие обусловлено небольшим размером сенсора, отсутствием автофокуса у телефона, близким расстоянием от мобильного телефона до снимаемого изображения штрихкода, нестабильностью положения мобильного телефона. Это обуславливает актуальность решения задачи надежного декодирования штрихкодов и изображений с внедренной в условиях неравномерной освещенности и различных геометрических искажений.



Рис. 1. Блок-схема устойчивого метода нормализации захваченного мобильным устройством изображения штрихкода

Предложен устойчивый метод обработки изображения штрихкода при считывании мобильным устройством (рис. 1), основанный на формировании его контурного бинарного изображения, обнаружении угловых граничных точек, коррекции позиций угловых граничных точек и нормализации (компенсация геометрических искажений) изображения штрихкода.

**Метод компенсации геометрических искажений изображений штрихкода.** Для обеспечения устойчивости к неравномерному освещению исходного штрихкода  $I = (I(i, j) | i = j = N)$  (рис. 2) предлагается процедура формирования бинарного контурного изображения, основанная на методе Оцу (Otsu) [2] и алгоритме Канни (Canny) [3], определяемая с помощью следующих систем соотношений:

$$\left\{ \begin{array}{l} B(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{при } I(i, j) \geq T_{opt}, \\ 0 & \text{при } I(x, y) < T_{opt}, \end{cases} \\ \sigma_{12}^2(T) = w_1(T)w_2(T) (\mu_1(T) - \mu_2(T))^2, \\ T_{opt} = \arg \max_T \sigma_{12}^2(T), \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} B_S(i, j) = B(i, j) * h(i, j) = \sum_{k=1}^M \sum_{l=1}^M B(k, l) h_S(i-k, j-l), \\ B_{SGx(y)}(i, j) = B_S(i, j) * h_{Gx(y)}(i, j) = \sum_{k=1}^M \sum_{l=1}^M B_S(k, l) h_{Gx(y)}(i-k, j-l), \\ |B_{SGxy}(i, j)| = \sqrt{B_{SGx}^2(i, j) + B_{SGy}^2(i, j)}, \\ \theta_{GSxy}(i, j) = \arctg(B_{GSy}(i, j) / B_{GSx}(i, j)), \\ |B_{SGxy}(i, j)| = \begin{cases} |B_{SGxy}(i, j)| & \text{при } |B_{SGxy}(i', j')| < |B_{SGxy}(i, j)| > |B_{SGxy}(i'', j'')|, \\ 0 & \text{иначе} \end{cases} \\ B_{cont}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{при } B(i, j) > T_H \text{ и } T_L \leq B(i, j) \leq T_H, \\ 0 & \text{при } B(i, j) < T_L \text{ и } T_L \leq B(i, j) \leq T_H, \end{cases} \end{array} \right. \quad (2)$$

где  $w_1(T) = \sum_{i=1}^T p_i$  и  $w_2(T) = \sum_{i=T+1}^{T_{max}} p_i$  – вероятности первого и второго классов гистограммы изображения штрихкода с учетом порога  $T \in [1, T_{max}]$ , разделяющего первый и второй классы,  $p_i = n_i / N^2$ ,  $n_i$  – вероятность и количество появлений пикселей с  $i$ -м значением в изображении размером  $N \times N$ ;  $\mu_1(T) = \sum_{i=1}^T i p_i / w_1$ ,  $\mu_2(T) = \sum_{i=T+1}^{T_{max}} i p_i / w_2$ ,  $\sigma_{12}^2(T)$  – матожидания значений первого и второго классов, межклассовая дисперсия гистограммы изображения штрихкода соответственно;  $h_S = (h_S(i, j, \sigma) = (2\pi\sigma^2)^{-1} \exp(-(i^2 + j^2))_{M \times M}$  – низкочастотная гауссова маска с разме-

ром  $M \times M$  со среднеквадратическим отклонением  $\sigma$  распределения Гаусса,  $h_{Gx} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

и  $h_{Gy} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}$  – маски Собеля размером  $3 \times 3$  для оценки градиента в горизонтальном (x)

и вертикальном (y) направлениях;  $B = (B(i, j))$ ,  $B_S = (B_S(i, j))$ ,  $B_{SGxy} = (B_{SGxy}(i, j))$  – бинарное, сглаженное полутоновое и контурное полутоновое без коррекции изображения соответственно;  $(i', j')$ ,  $(i'', j'')$  – координаты точек  $|B_{SGxy}|$ , соседних с  $(i, j)$ , вдоль направления, перпендикулярного к контурной линии,  $|B_{SGxy}(i, j)|$  и  $\theta_{GSxy}(i, j) \in \{0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ\} = \arctg(B_{GSy}(i, j)/B_{GSx}(i, j))$  – величина или модуль вектора градиента (сила контура границы) изображения в точке  $(i, j)$  и значения угла направления вектора градиента контура, округляемые до ближайшего угла, кратного  $45^\circ$ .

Алгоритм обнаружения контурных линий объектов или детектор контуров Канни [3] является оптимальным для определенного класса контуров (ступенчатый контур) и обеспечивает «хорошее» обнаружение (минимизация вероятностей появления ложных контуров и их пропусков) и локализацию контуров (обнаруженные контуры должны быть как можно ближе к реальным контурам) при минимальном отклике в области шума.

Сглаженное изображение  $B_S = (B_S(i, j))$  обеспечивает компромисс между фильтрацией шума и локализацией контуров. Утоньчение контуров осуществляется посредством применения процедуры исключения пикселей, которые не являются локальными максимумами величины вектора градиента  $|B_{SGxy}(i, j)|$  в направлении вектора градиента. Канни-детектор использует двухпороговую процедуру формирования двух изображений с использованием верхнего  $T_H$  и нижнего  $T_L$  порогов ( $T_L < T_H$ ), первое из которых содержит малое количество контуров, но имеет разрывы в контурах, а второе – большое число ложных контуров и процедуру связывания пикселей в контур. Пиксели, значение  $|B_{SGxy}(i, j)|$  в которых больше  $T_H$ , называются сильными, а пиксели, значения которых попадают в интервал  $[T_L, T_H]$ , называются слабыми. Алгоритм формирования контурного бинарного изображения  $B_{cont} = (B_{cont}(i, j))$  завершается операцией соединения пикселей в контуры, в процессе которой к сильным пикселям добавляются слабые, которые находятся вместе с сильными пикселями в области определенного размера.

Из-за нестабильного углового позиционирования мобильной камеры относительно плоскости штрихкода формируемое изображение подвергается геометрическим преобразованиям. Следовательно, для компенсации геометрических искажений разработана процедура локализации четырех крайних угловых точек штрихкода, основанная на обнаружении граничных вертикальных или горизонтальных линий и локальной коррекции позиций четырех угловых граничных точек.

Процедура локализации граничных линий изображения штрихкода  $I = (I(i, j) | i = j = N)$  основана на преобразовании координат точек  $(i, j)$  бинарного контурного изображения  $B_{cont} = (B_{cont}(i, j))$  в  $(\rho, \theta)$ -пространство с помощью стандартного преобразования Хафа [4], основанного на параметрическом представлении контурной линии в виде  $L_{\rho, \theta} = \{(i, j) | \rho = i \cos \theta + j \sin \theta\}$ , где  $\rho$  и  $\theta$  – расстояние от начала координат до линии вдоль вектора и угол в градусах между перпендикуля-

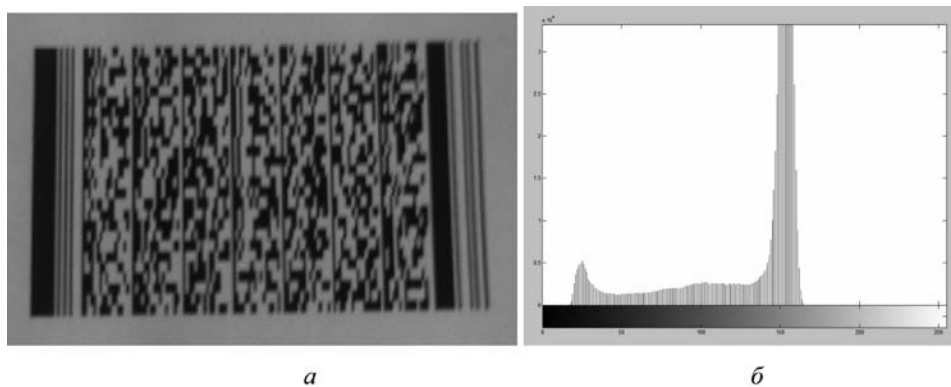


Рис. 2. Исходное цифровое изображение штрихкода: а – штрихкод с граничными вертикальными линиями; б – гистограмма значений пикселей изображения штрихкода

ром к линии и осью  $x$ . В результате формируется матрица параметрического пространства  $H = (H(\rho, \theta))$  размером  $2 \lceil N\sqrt{2}/\Delta\rho \rceil \times 2 \lceil 90^\circ/\Delta\theta \rceil$ , строки и столбцы которой соответствуют значениям  $\rho \in [-d, d]$  и  $\theta \in [-90^\circ, 90^\circ]$  с разрешением  $\Delta\rho$  и  $\Delta\theta$ , где  $d$  – расстояние между угловыми точками изображения, а пиковые значения ее ячеек накопления размером  $\Delta\rho \times \Delta\theta$  определяются числом пикселей контурной линии изображения  $B_{cont} = (B_{cont}(i, j))$ . Чем длиннее линия в изображении  $B_{cont} = (B_{cont}(i, j))$ , тем больше ее максимум в  $H = (H(\rho, \theta))$ . Например,  $Q$  точек на прямой линии в  $(i, j)$ -пространстве соответствует  $Q$  синусоидальным кривым  $L_{\rho, \theta} = \left\{ (i, j) \mid \rho_k = i \cos \theta_k + j \sin \theta_k, k = \overline{1, Q} \right\}$  в  $(\rho, \theta)$ -плоскости, пересекающимся в одной и той же  $(\rho_i, \theta_j)$ -ячейке накопления. В этом случае  $H(\rho, \theta) = Q$ . Выбор величины шагов разбиения  $(\rho, \theta)$ -пространства определяет точность попадания точек на формируемую прямую и вычислительную сложность преобразования Хафа.

Для формирования угловых граничных точек первоначально находятся две максимально удаленные друг от друга линии с  $k_1 = \arg \min (\rho(k, \theta(l)))$  и  $k_2 = \arg \max (\rho(k, \theta(l)))$ , где  $k$  – индексы  $\rho$  изображения штрихкода для каждого выбранного угла  $\theta(l)$ , где значения ячеек матрицы  $\max (H(\rho(k), \theta(l)))$  превышают пороговую величину  $H_{Th}$ .

Короткие линии отбрасываются с помощью использования порогового значения  $T_L = (\alpha/n_L) \sum_{l=1}^{n_L} L_l(\rho, \theta)$  для всех линий  $k_{11}$  и  $k_{21}$ , где  $\alpha = 1/4$  – эмпирический коэффициент;  $n_L$  – общее число обнаруженных линий  $L_l$  с помощью преобразования Хафа. После того, как линии классифицированы с помощью углов  $\theta$ , определенное пороговое значение  $T_\theta$  может быть выбрано для сгруппирования линий в два класса, соответствующих горизонтальному и вертикальному направлениям.

Две линии, максимально удаленные друг от друга, будут считаться параллельными, если они не превышают максимально допустимого порогового отклонения  $T_\theta = 22^\circ$  в угловой ориентации. Выбор порогового значения  $T_\theta$  зависит от условий съемки. Две граничные линии в каждой категории, удовлетворяющие условию  $|\theta(l_i) - \theta(l_j)| < T_\theta$ , определяются с помощью соотношения  $(m, n) = \arg \max_{m, n} |\rho(m, \theta(l_i)) - \rho(n, \theta(l_j))|$ , где  $m$  и  $n$  – индексы  $\rho$ , определенные с помощью выбора значений  $\theta = \theta(l_i)$  и  $\theta = \theta(l_j)$  соответственно. В результате первоначально локализованные угловые точки являются начальной и конечной точками двух граничных почти параллельных линий.

Поскольку линии изображения штрихкода в общем случае не являются прямыми и могут быть кривыми из-за искажений линз мобильной камеры, ее неплоскостности и ручного считывания, то это ухудшает локализацию граничных линий и их угловых точек с помощью преобразования Хафа. В связи с этим разработана процедура селективной коррекции позиций угловых точек граничных линий [5], основанная на прослеживании и локальной обработке выделенных двух максимально удаленных друг от друга граничных линий, содержащих искомые угловые точки, и поиске направлений текущей угловой точки и следующей угловой точки-кандидата в окрестности  $3 \times 3$  в восьми направлениях  $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$  посредством вычисления множества  $\{g_w\}$  весовых коэффициентов изменения направления и установления ограничений на максимальное изменение направления.

Предварительная обработка пикселей контурного изображения  $B_{cont} = (B_{cont}(i, j))$ , принадлежащих вертикальным граничным линиям  $H_L$ , содержащим угловые точки, обнаруженные с помощью преобразования Хафа, заключается в установке их флагов (индикаторов) в состояние 1, а флагов остальных контурных пикселей  $B_{cont}$  – в установку в состояние 0. Поиск направления текущей угловой точки осуществляется с помощью анализа окрестности  $3 \times 3$  данной точки на контурном бинарном изображении  $B_{cont}$ . Если флаг одного из пикселей окрестности имеет состояние 1, то одно направление из восьми считается найденным и равным  $D_{ссп}$ . В противном случае процесс поиска продолжается. Прослеживанием вдоль найденного направления  $D_{ссп}$  осуществляется поиск следующей угловой точки-кандидата, флаг которой должен быть в состоянии 0, указывающем на то, что она никогда не была включена в  $H_L$ . Для идентификации следую-

шей угловой точки-кандидата оценка  $\Delta D$  изменения направления от  $i$ -го до  $j$ -го направлений (например, от текущей к следующей угловой точке, от текущей или следующей угловой точки к вертикальному направлению) определяется с помощью соотношения  $\Delta D(i, j) = |D(i) - D(j)|$ , где  $D(i)$  и  $D(j)$  – значения направлений из множества  $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$ . Оценка весовых коэффициентов  $g_w \in \{0, 3, 8\}$ , присваиваемых каждому изменению направления  $\Delta D(i, j)$ , осуществляется с помощью соотношения

$$g_w = \begin{cases} 0 & \text{при } \text{mod}(\Delta D(i, j), 4) = 0, \\ 3 & \text{при } \text{mod}(\Delta D(i, j), 4) = 1 \vee 3, \\ 8 & \text{при } \text{mod}(\Delta D(i, j), 4) = 2. \end{cases}$$

Для исключения ложных направлений и выделения значимого изменения направления сумма трех весовых коэффициентов  $g_w$ , присваиваемых изменениям направления  $\Delta D(i, j)$  от текущей к следующей угловой точке, от текущей или следующей угловой точки к вертикальному направлению, не должна превышать определенное пороговое значение  $N_{th}$  (например,  $N_{th}=9$ ).

Процесс обновления позиции граничной угловой точки продолжается до тех пор, пока существует следующий кандидат на угловую граничную точку. Конечным результатом данной процедуры являются четыре угловые граничные точки изображения в координатном пространстве.

Коррекция геометрических искажений, или нормализация исходного изображения, осуществляется по локализованным четырем угловым граничным точкам с помощью плоскостно-проекционного преобразования  $H$  в виде композиции проекционного  $H_S$ -, аффинного  $H_A$ - и метрического  $H_P$ -преобразований.

Процедура компенсации геометрических искажений изображения штрихкода  $I = (I(i, j) | i = j = N)$ , основанная на использовании локализованных угловых граничных точек, формирующих вектор  $v = (v_1, v_2, v_3)^T$  бесконечно удаленной линии, проходящей через исчезающие точки, и плоскостно-проекционного преобразования  $H$  [6], осуществляется с помощью соотношения, корректирующего координаты  $(x \ y \ 1)^T$  пикселей изображения штрихкода в нормализованные координаты  $(x_H \ y_H \ 1)^T$ :

$$\begin{cases} (x_H \ y_H \ 1)^T = H(x \ y \ 1)^T, \\ H = H_S H_A H_P, \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{где } H_S = \begin{pmatrix} s \cos \varphi & -s \sin \varphi & t_x \\ s \sin \varphi & s \cos \varphi & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, H_P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ v_1 & v_2 & v_3 \end{pmatrix}, H_A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -\text{ctg} \theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; s, \varphi,$$

$t = (t_x, t_y)^T$ ,  $\theta$  – коэффициент изотропного масштабирования, угол между горизонтальной парой параллельных линий и горизонтальной осью  $x$ , двумерный вектор перемещений, угол, восстанавливающий ортогональность между горизонтальной парой параллельных линий и вертикальной парой параллельных линий, задающих горизонтальное и вертикальное направления, соответственно.

**Результаты моделирования.** Компьютерный эксперимент проводился с использованием камеры мобильного телефона 3 Мп с разрешением 2048×1536 пикселей. На рис. 3–5 представлены

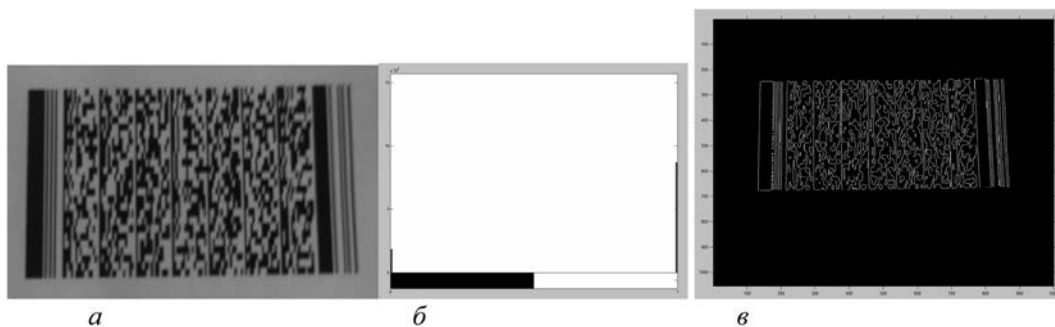


Рис. 3. Процедура предварительной обработки изображения штрихкода:  $a$  – бинарное изображение;  $b$  – гистограмма бинарного изображения,  $c$  – бинарное контурное изображение

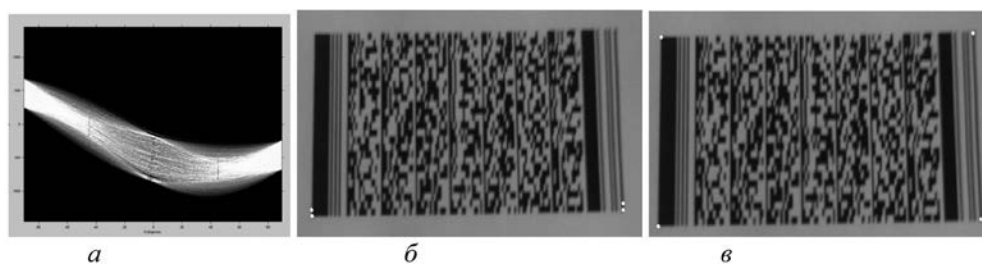


Рис. 4. Процедура коррекции угловых граничных точек изображения штрихкода: *a* – преобразование Хафа бинарного контурного изображения в параметрическом пространстве; *б* – изображение штрихкода с первоначально обнаруженными угловыми граничными точками; *в* – изображение штрихкода с скорректированными угловыми граничными точками

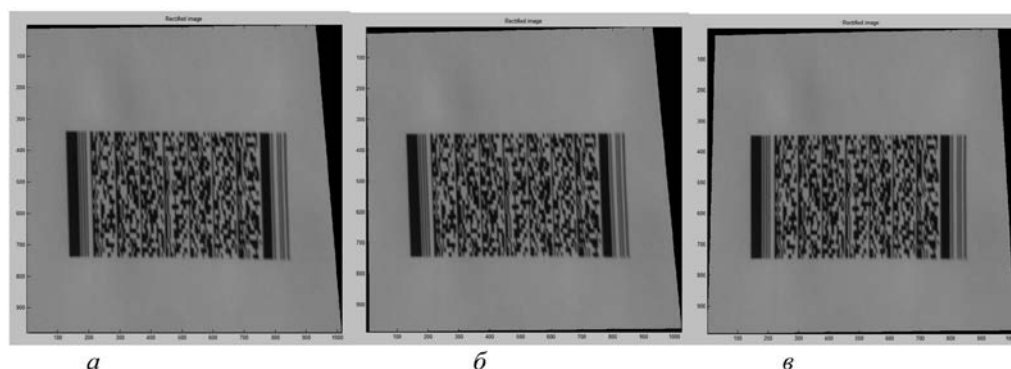


Рис. 5. Процедура коррекции геометрических искажений изображения штрихкода: *a* – без проекционных искажений; *б* – без проекционных и метрических искажений; *в* – нормализованное изображение

результаты моделирования процедур обработки цифрового изображения штрихкода (рис. 2) при различных условиях печати и съемки. Из полученных данных следует, что разработанный метод обеспечивает устойчивую нормализацию изображений за счет инвариантности к углу съемки мобильным телефоном в диапазоне от  $-45^\circ$  до  $45^\circ$  и к неравномерному освещению изображений штрихкода.

**Заключение.** Предложен устойчивый метод нормализации изображения штрихкода, полученного с помощью мобильного устройства, основанный на его предварительной обработке и компенсации геометрических искажений по локализованным четырем угловым граничным точкам с помощью плоскостно-проекционного преобразования.

Данный метод обеспечивает инвариантность к условиям печати и съемки (к вращению изображения в диапазоне от  $-45^\circ$  до  $45^\circ$  и неравномерному освещению изображений штрихкода) за счет предварительной обработки изображения и двухэтапной процедуры локализации граничных угловых точек, первый этап которой включает в себя формирование первичных позиций угловых граничных точек, а второй этап – уточнение позиций угловых граничных точек в локальной окрестности определенного размера вдоль контурных граничных линий и компенсация геометрических искажений с помощью плоскостно-проекционного преобразования.

Разработанный метод может быть использован для нормализации как изображения штрихкода, так и маркированных изображений с идентифицирующей рамкой, несущих конфиденциальную информацию.

#### Список использованных источников

1. Классификация сканеров штрихкодов. [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://prime63.ru/klassifikatsiya-skanerov-shtrih-kodov.html> – Дата доступа: 06.07.2016
2. Otsu, N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms / N.A Otsu // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. – 1979. – Vol. 9, N 1. – P. 62–66.

3. Canny, J. A Computational approach to edge detection / J. Canny // *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*. – 1986. – Vol. 8, N 6. – P. 679–698.
4. Duda, R.O. Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures / R. O. Duda, P. E. Hart // *Comm. ACM*. – 1972. – Vol. 15. – P. 11–15.
5. Yang, H. Accurate localization of four extreme corners for barcode images captured by mobile phones / H. Yang, X. Jiang, A. C. Kot // *Proceedings of 2010 IEEE 17th International Conference on Image Processing*. – 2010. – P. 3897 – 3900.
6. Чехлов, Д. О. Нормализация изображений относительно перспективного преобразования на основе геометрических параметров / Д. О. Чехлов, С. В. Абламейко // *Информатика*. – 2004. – № 3. – С. 67–76.

### References

1. (2016), "Classification of barcode scanners", Available at: <http://prime63.ru/klassifikatsiya-skanerov-shtrih-kodov.html>, (Accessed 06.07.2016).
2. Otsu, N. A. (1979), "Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 9, no. 1, pp. 62–66.
3. Canny, J. (1986), "A Computational approach to edge detection", *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 8, no. 6, pp. 679–698.
4. Duda, R.O. and Hart, P.E. (1972), "Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures", *Communications of the ACM*, vol. 15, pp. 11–15.
5. Yang, H., Jiang, X. and Kot, A. C. (2010), "Accurate localization of four extreme corners for barcode images captured by mobile phones", *Proceedings of 2010 IEEE 17th International Conference on Image Processing*, pp. 3897–3900.
6. Chekhlov D.O. and Ablamejko S.V. (2004), "Normalization of images relative to perspective transformation on the basis of geometrical parameters", *Informatika* [Computer science], no. 3, pp. 67–76.

### Информация об авторе

Борискевич Анатолий Антонович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры сетей и устройств телекоммуникаций. Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (220013, г. Минск, ул.П.Бровки, 6, Беларусь). E-mail:anbor@bsuir.by

### Information about the author

Boriskevich Anatoly Antonovich – D. Sc. (Engineering), Assistant Professor, Professor of Telecommunication Networks and Devices chair. Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (6, P. Browki str., 220013, Minsk, Belarus). E-mail:anbor@bsuir.by.

### Для цитирования

Борискевич А. А. Устойчивый метод нормализации отсканированного мобильным устройством изображения штрихкода / А. А. Борискевич // *Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук*. – 2016. – № 4. – С. 106–112.

### For citation

Boriskevich A. A. A robust method for normalization of barcode images scanned with a mobile device. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, physical-technical series*. 2016, no. 4, pp. 106–112.