

УДК 681.307

А.А. Каргин<sup>1</sup>, А.В. Сергиенко<sup>2</sup>, Е.Е. Пятикоп<sup>2</sup>, В.С. Плескачевская<sup>2</sup><sup>1</sup> Донецкий национальный университет, Донецк<sup>2</sup> ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», Мариуполь

## МЕТОД ЛОКАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ НА ОСНОВЕ НИЗКОУРОВНЕВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОБРАЖЕНИЯ

В статье рассматривается метод локализации номера чугуновозного ковша на его фото на основе низкоуровневых характеристик изображения. Приводится поэтапное описание метода: пороговое преобразование изображения в монохромное с автоматическим выбором порога, обрезка изображения с помощью гистограмм распределения яркостей, отсеивание незначачих и локализация информативных областей, выделение информативных областей. Приведены результаты компьютерных экспериментов.

**Ключевые слова:** изображение, функция яркости, порог яркости, монохромность, локализация, монохромность, гистограмма.

### Введение

Для усовершенствования автоматизированной системы мониторинга движения чугуновозных ковшей был предложен метод оптического распознавания номера [1]. Проблема решения этой задачи заключается в том, что изображение сильно зашумлено (рис. 1 а, б): помимо ковша на фото могут попадать другие элементы окружающей обстановки (небо, стена, различные металлоконструкции); собственно надпись на ковше может быть зашумлена элементами, образованными потеками извести, чу-

гуна, налипшей пылью; вследствие круглосуточной работы изображения обладают разной освещенностью; погодные явления также добавляют изображению шум. На первом этапе обработки, для того чтобы улучшить качество исходных фото и, как следствие, увеличить достоверность идентификации, решается задача предварительной фильтрации исходных фотоизображений [2]. На втором этапе решается задача локализации цифр на изображении (на рис. 1, в). На третьем этапе происходит непосредственно идентификация номера на изображении локализованного сегмента [1].



Рис. 1. Фотоизображения: а, б – исходные; в – локализованный сегмент

Решение задачи локализации можно разделить на следующие этапы:

- 1) пороговое преобразование изображения в монохромное с автоматическим выбором порога;
- 2) построение гистограмм распределения яркостей (по высоте и по ширине);
- 3) обрезка изображения (слева направо, справа налево, снизу вверх, сверху вниз);
- 4) построение гистограмм обрезанного изображения;
- 5) анализ полученных гистограмм (разбиение гистограмм на блоки, фиксирование начальных координат);
- 6) локализация и построение рамки по опорным точкам;

7) анализ результатов локализации (удаление неинформативных областей, объединение информативных областей);

- 8) выделение информативных областей.

Локализация, помимо традиционных математических методов, может выполняться с помощью механизма восприятия изображения человеком, согласно которому внимание человека в процессе анализа изображений концентрируется не на всем изображении, а на некоторых вполне конкретных областях изображения [4]. При этом выбор области (или нескольких областей), привлекающей внимание человека, обусловлен и свойствами данной области, и высокоуровневыми когнитивными процессами, что образуют модель восходящего внимания [5]. На осно-

ве таких моделей анализируют входное изображение, и выделяют на нем наиболее контрастные фрагменты, при этом для фрагментов оцениваются яркость, цветовая гамма, контрастность, плотность точек одного цвета, размеры – низкоуровневые характеристики изображения [6]. Классификация методов, основанная на таких низкоуровневых характеристиках, показала, что наиболее эффективна комбинация различных методов по различным характеристикам, выбранным с учетом поставленной задачи [7].

## Изложение основного материала

### Задача ставится в следующем виде

Камерой в градациях серого цвета получено изображение ковша с номером. Необходимо локализовать информативную область на изображении – прямоугольную область, содержащую цифры номера ковша и минимум сопутствующей информации (рис. 1, в). Область, содержащая изображение объекта, отличительна от других, т.к. множество точек изображения характеризуется общими индивидуальными признаками [3].

### Пороговое преобразование изображения в монохромное

На вход системы поступает изображение, ширина и высота которого  $m \times n$ . Изображение характеризуется функцией яркости:

$$p_{i,j} \in [0, 255], \quad (1)$$

где  $i, j$  – координаты текущего пикселя.

Информативные области на изображении характеризуются пикселями с большей яркостью. Бинаризируем изображение:

$$I_{i,j} = \begin{cases} 255, & p_{i,j} \geq \Theta; \\ 0, & p_{i,j} < \Theta, \end{cases} \quad (2)$$

где  $\Theta \in [0, 255]$  – автоматически определяемый порог монохромности.

Проблема выбора порога является существенной, так как выбор слишком маленького порога приведет к тому, что на изображении останутся лишние области, ухудшающие процесс локализации. Выбор слишком большого порога может привести к частичной потере искомым информативных областей.

Выбор значения порога  $\Theta$  происходит автоматически на основе низкоуровневых характеристик исходного изображения. Для этого строится гистограмма распределения яркостных значений пикселей изображения. На гистограмме определяется пик  $P_h \in [0, 255]$  – значение функции яркости  $p_{i,j}$ , которое имеет максимальное число пикселей. Величина  $P_h$  для определения порога  $\Theta$  определялась экспериментально:

$$\Theta = \begin{cases} 215, & 240 \leq P_h \leq 255; \\ 195, & 220 \leq P_h < 240; \\ 175, & 0 \leq P_h < 220. \end{cases} \quad (3)$$

### Построение гистограмм монохромного изображения

Строятся гистограммы распределения яркостных значений пикселей изображения по ширине (рис. 2, а) и по высоте (рис. 2, б). Из рисунка видно, что локализация требуемых информативных областей затруднительна вследствие присутствия на изображении посторонних объектов.

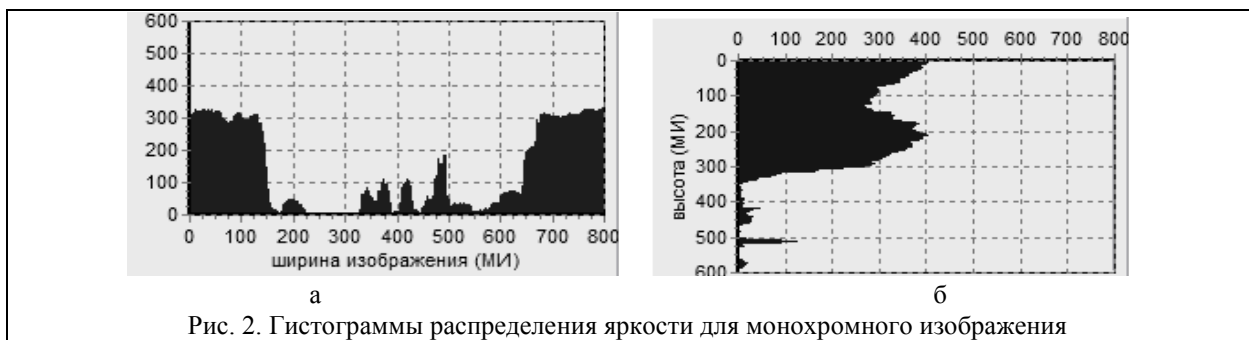


Рис. 2. Гистограммы распределения яркости для монохромного изображения

### Обрезка изображения по горизонтали и по вертикали и повторное построение гистограмм

Изображение анализируем по строкам и по столбцам. Рассчитываем количество белых пикселей для каждой строки:

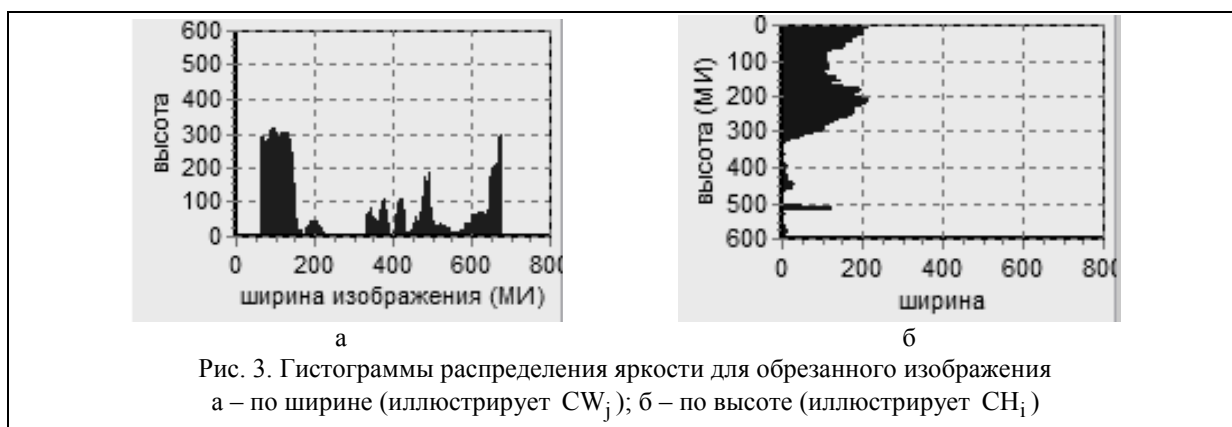
$$CW_j = \sum_{i=0}^{n-1} \omega_i, \text{ где } \omega_i = \begin{cases} 1, & \text{если } I_{i,j} = 255, \\ 0, & \text{если } I_{i,j} \neq 255 \end{cases} \quad (4)$$

и каждого столбца:

$$CH_i = \sum_{j=0}^{m-1} \rho_j, \text{ где } \rho_j = \begin{cases} 1, & \text{если } I_{i,j} = 255, \\ 0, & \text{если } I_{i,j} \neq 255. \end{cases} \quad (5)$$

Для дальнейшей обработки вводим понятие процента обрезки, по вертикали,  $\delta_H$ , и по горизонтали,  $\delta_W$ . Эти значения были найдены опытным путем в зависимости от характеристик изображения. В зависимости от процента обрезки и исходных размеров изображения рассчитываем величину обрезки. По высоте:  $\xi_H = (n \cdot \delta_H) / 100$ , по ширине:  $\xi_W = (m \cdot \delta_W) / 100$ .

Координаты верхней  $g_{up}^n$  и нижней  $g_{down}^n$  границ обрезки по ширине:



$$g_{up}^m = \begin{cases} 0, & \text{если } CW_j < \xi_W, \\ \min j, & \text{если } CW_j \geq \xi_W, \end{cases} \quad (6)$$

где  $j \in [0, m-1]$ ,

$$g_{down}^m = \begin{cases} m-1, & \text{если } CW_j < \xi_W, \\ \max j, & \text{если } CW_j \geq \xi_W, \end{cases} \quad (7)$$

где  $j \in [m-1, 0]$ . Координаты  $g_{up}^m, g_{down}^m$  обрезки по высоте:

$$g_{up}^n = \begin{cases} 0, & \text{если } CH_i < \xi_H, \\ \min i, & \text{если } CH_i \geq \xi_H, \end{cases} \quad (8)$$

где  $i \in [0, n-1]$ ,

$$g_{down}^n = \begin{cases} n-1, & \text{если } CH_i < \xi_H, \\ \max i, & \text{если } CH_i \geq \xi_H, \end{cases} \quad (9)$$

где  $i \in [n-1, 0]$ .

Ширина полученного изображения рассчитывается:  $m' = g_{down}^m - g_{up}^m$ , а высота:  $n' = g_{down}^n - g_{up}^n$ .

Полученное изображение характеризуется функцией яркости:

$$p'_{i,j} = \begin{cases} 0, \\ 255. \end{cases} \quad (10)$$

Повторно строятся гистограммы распределения яркостей для обрезанного изображения (рис. 3), которые соответствуют рассчитанным по формулам (4) и (5) значениям  $CW_j$  и  $CH_i$ .

#### Выделение информативных областей на основе анализа полученных гистограмм

Анализ полученных гистограмм состоит в подсчете количества ненулевых значений векторов  $CW_j$  и  $CH_i$  и выделении их индексов. При анализе  $CW_j$  формируются векторы  $\{CY\}$  и  $\{KY\}$ , при анализе  $CH_i - \{CX\}$  и  $\{KX\}$ .

Для заполнения векторов  $\{CY\}$  и  $\{KY\}$  рассчитываются значения:

$$cy = \sum_{l=0}^{n'-1} \varsigma_l, \text{ где } \varsigma_l = \begin{cases} 0, & \text{если } CW_{j,l} \leq 0; \\ 1, & \text{если } CW_{j,l} > 0, \end{cases} \quad (11)$$

$$yn = j, \text{ если } cy \neq 0, \quad (12)$$

где  $j \in [0, m'-1]$ .

$$CY_t = cy, \text{ если } cy > \sigma_W, \quad (13)$$

$$KY_t = yn, \text{ если } cy > \sigma_W, \quad (14)$$

где  $t \in [0, \tau]$ ;  $\sigma_W$  – порог размера высокояркостной области по ширине, определяется опытным путем.

Для заполнения значений векторов  $\{CX\}$  и  $\{KX\}$  рассчитываются значения:

$$cx = \sum_{z=0}^{m'-1} \lambda, \text{ где } \lambda = \begin{cases} 0, & \text{если } CH_{i,z} \leq 0 \\ 1, & \text{если } CH_{i,z} > 0 \end{cases} \quad (15)$$

$$xn = i, \text{ если } cx \neq 0, \quad (16)$$

где  $i \in [0, n'-1]$

$$CX_q = cx, \text{ если } cx > \sigma_H, \quad (17)$$

$$KX_q = xn, \text{ если } cx > \sigma_H, \quad (18)$$

где  $q \in [0, \theta]$ ;  $\sigma_H$  – порог размера высокояркостной области по высоте, определяется опытным путем.

Из векторов  $\{CY\}, \{KY\}, \{CX\}, \{KX\}$  получают координаты точек для построения прямоугольников, описывающих высокояркостные области.  $(x_1, y_1)$  – координаты верхнего левого угла,  $(x_2, y_2)$  – координаты нижнего правого угла.

Если  $TY_k = KX_i$ , или  $TY_k = KX_i + CX_i/2$ , или  $TY_k = KX_i + CX_i$ :

$$x_1 = KX_i, y_1 = KY_j,$$

$$x_2 = KX_i + CX_i, y_2 = KY_j + CY_j, \quad (19)$$

где  $i \in [0, \theta], j \in [0, \tau], k \in [0, \eta]$ ,

$$TY_k = s, \text{ если } p'_{g,s} = 255 \quad (20)$$

где  $g \in [KY_j, KY_j + CY_j], s \in [0, m'-1]$ .

## Компьютерные эксперименты

### 1. Определение значения порога $\Theta$

Результат локализации по предлагаемой методике зависит от параметра  $\Theta$ . Для экспериментального определения было подобрано 20 фотографий разного качества, для которых был определен пик яркости  $P_h$  и составлены экспертные оценки  $\Theta_{min}^E$  и

$\Theta_{\max}^E$  – минимальное и максимальное значения порога монохромности, при которых информативные области на фотографии не теряются, а лишние неинформативные – отсекаются (табл. 1).

Таблица 1  
Выделение порога  $\Theta$  для бинаризации

№ п/п	Изображение	$P_h$	$\Theta_{\min}^E$	$\Theta_{\max}^E$
1	IMG_0001	255	200	220
2	IMG_0003	255	190	215
3	IMG_0005	255	210	215
4	IMG_0006	255	210	220
5	IMG_0018	255	210	225
6	IMG_0021	255	205	215
7	IMG_0024	255	210	220
8	IMG_0031	255	210	215
9	IMG_0032	255	205	215
10	IMG_0033	255	210	220
11	IMG_0035	255	180	215
12	IMG_0037	255	190	215
13	IMG_0041	255	215	220
14	IMG_0043	255	210	220
15	IMG_6300	255	215	220
16	IMG_0013	240	215	220
17	IMG_0014	230	180	210
18	IMG_0017	204	175	220
19	IMG_0008	122	175	195
20	IMG_0020	112	170	190
21	IMG_0023	101	175	190
22	IMG_0040	21	175	200

Для  $P_h \in [240, 250]$ :  $\Theta = \min(\Theta_{\max}^E) = 215$ ,

для  $P_h \in [220, 239]$ :  $\Theta = \max(\Theta_{\min}^E) = 175$ ,

для  $P_h \in [0, 219]$ :  $\Theta = \frac{215+175}{2} = 195$ .

Результаты подтверждены экспериментами.

### 2. Определение процента обрезки изображения по ширине и по высоте

В соответствии с методикой обработки определены параметры  $\delta_W$  и  $\delta_H$ . В эксперименте использовались те же 20 фотографий разного качества, для которых были получены экспертные оценки  $\delta_W^E$  и  $\delta_H^E$  – проценты отсекаемого по ширине и по высоте соответственно, при которых информативные области на фотографии не теряются, а лишние неинформативные – отсекаются. Полученные данные показаны в табл. 2:  $\delta_W = \max(\delta_W^E) = 30\%$ ,  $\delta_H = \max(\delta_H^E) = 10\%$ . Выбранные значения подтверждены экспериментально.

### 3. Определение качества обработки по предлагаемому методу

Для имеющегося набора фотоизображений в соответствии с данным методом произвели обработку.

Таблица 2

### Процент обрезки изображения

№	Изображение	$\delta_W^E, \%$	$\delta_H^E, \%$
1	IMG_0001	26	5
2	IMG_0003	26	5
3	IMG_0005	10	5
4	IMG_0006	28	5
5	IMG_0008	28	5
6	IMG_0013	30	5
7	IMG_0014	30	5
8	IMG_0017	29	10
9	IMG_0018	10	5
10	IMG_0020	25	5
11	IMG_0021	10	5
12	IMG_0023	13	5
13	IMG_0024	10	5
14	IMG_0031	13	5
15	IMG_0032	11	5
16	IMG_0033	10	5
17	IMG_0035	20	10
18	IMG_0037	10	10
19	IMG_0040	5	5
20	IMG_0041	16	5
21	IMG_0043	8	5
22	IMG_6300	30	5

В результате эксперимента были получены экспертные оценки количества и качества найденных информативных областей, рассчитан процент погрешности локализации (табл. 3).

Таблица 3

### Погрешность определения информативных областей

№ п/п	Изображение	Найдено обл.		Погрешность, %
		всего	информативных	
1	IMG_0001	2	2	0,0
2	IMG_0003	2	2	0,0
3	IMG_0005	5	3	40,0
4	IMG_0006	3	3	0,0
5	IMG_0008	3	3	0,0
6	IMG_0013	3	3	0,0
7	IMG_0014	3	3	0,0
8	IMG_0017	3	3	0,0
9	IMG_0018	3	3	0,0
10	IMG_0020	3	3	0,0
11	IMG_0021	4	3	25,0
12	IMG_0023	4	3	25,0
13	IMG_0024	4	3	25,0
14	IMG_0031	3	3	0,0
15	IMG_0032	4	3	25,0
16	IMG_0033	3	3	0,0
17	IMG_0035	3	3	0,0
18	IMG_0037	3	3	0,0
19	IMG_0040	4	3	25,0
20	IMG_0041	3	3	0,0
21	IMG_0043	4	3	25,0
22	IMG_6300	3	3	0,0



Рис. 4. Выделение информативных областей при локализации



Рис. 5. Выделение неинформативных областей при локализации

На изображениях, обладающих крупными неинформативными высокояркими участками, как на рис. 5, погрешность локализации высока, поэтому следует такие изображения исключить. В этом случае погрешность локализации составляет  $\sim 8\%$ .

Сформированы рекомендации к проекту автоматизированной системы:

1) фотокамера должна быть сфокусирована в центр ковша, на цифры, так чтобы в кадр попадал минимум незначущей информации;

2) перед локализацией и идентификацией должен проводиться предварительный анализ и отсеиваться фотографии, изобилующие крупными неинформативными высокояркими участками.

## Выводы

Компьютерные эксперименты показали, что предложенный метод локализации информативных областей на основе низкоуровневых характеристик изображения при выполнении рекомендаций дает достаточно хороший результат: с достоверность локализации  $\geq 92\%$ .

## Список литературы

1. Каргин А.А. Идентификация номера чугуновозного ковша по сегменту изображения сравнением его с эталонным сегментом / А.А. Каргин, А.В. Сергиенко // Проблемы информационных технологий. – 2010. – № 7. С. 114-121.

2. Грузман И.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учеб. пособие / И.С. Грузман, В.С. Киричук и др. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 352 с. – ISBN 5-7782-0330-6.

3. Гороховатский В.А. Локализация объектов на изображениях визуальных сцен / В.А. Гороховатский, Ю.Н. Ересько, Е.П. Пуятин, В.И. Стрельченко // Системы анализа и синтеза изображений и сигналов. – 1990. – С. 4-7.

4. Солсо Р. Когнитивная психология. – 6-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 589 с. – ISBN 5-94723-182-4.

5. Левашикина А. Разработка методов поиска изображений на основе вычислительных моделей визуального внимания: Автореферат диссертации / Левашикина А. – Новосибирск, 2009. – 24 с.

6. Sun Y. Object-based visual attention for computer vision / Y. Sun, R. Fisher // Artificial Intelligence, 20(11):77-123, 2003.

7. Плещачевская В.С. Обзор методов содержательного поиска изображений / В.С. Плещачевская, Е.Е. Пяткоп // Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій в науці, освіті та економіці: IV Всеукраїнська науково-практична конференція. – Луганськ, ЛНУ ім. Т. Шевченка, 2010. – С. 89-90.

Поступила в редколлегию 14.12.2012

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. В.П. Гранкин, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», Мариуполь.

## МЕТОД ЛОКАЛІЗАЦІЇ ІНФОРМАТИВНИХ ОБЛАСТЕЙ НА ОСНОВІ НИЗЬКОРІВНЕВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗОБРАЖЕННЯ

А.О. Каргін, А.В. Сергієнко, О.Є. П'ятикоп, В.С. Плещачевська

У статті розглядається метод локалізації номера чугуновозного ковша на його фото на основі низькорівневих характеристик зображення. Наводиться поетапний опис методу: порогова обробка зображення до монохромного із автоматичним вибором порогу, обрізання зображення за допомогою гістограм розподілу яркостей, відсіювання незначущих і локалізація информативних областей, виділення информативних областей. Приведені результати комп'ютерних експериментів.

**Ключові слова:** зображення, функція яскравості, поріг яскравості, монохромність, локалізація, монохромність, гістограма.

**A METHOD OF LOCALIZATION OF AN INFORMING AREAS BASES  
ON THE LOW-LEVEL DESCRIPTIONS OF IMAGE**

A.A. Kargin, A.V. Sergienko, E.E. Pyatikop, V.S. Pleskachevskaya

*There is the method of localization of the number on the scoop for transportation of cast-iron on its photo is describes on this article. The method is based on the low-level description of image. There are description of the method stage-by-stage threshold transformation of image to binary with the automatic choice of threshold, cropping of image using histograms of distribution of the brightness, localization of informing areas and selection of informing areas. There are results of the computer experiments too.*

**Keywords:** *image, function of brightness, threshold of brightness, monochromaticism, localization, monochromaticism, histogram.*