

УДК 004.932.2

## РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АЛГОРИТМА ЛОКАЛИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ МАРКИРОВОК ПРОМЫШЛЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ДВУМЕРНОГО РЕКУРРЕНТНОГО ПОИСКА УСРЕДНЕННОГО МАКСИМУМА

Астафьев А.В.

*Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Муром, ул. Орловская, д. 23а, e-mail: alexandr.astafiev@mail.ru*

В статье показана актуальность разработки алгоритмов локализации маркировок промышленных изделий для систем контроля движения продукции. Реализация такого контроля возможна с помощью внедрения систем автоматической идентификации и распознавания. Основная сложность при использовании САИМ заключается в задаче локализации промышленной продукции, которую усложняют наличие неравномерной освещенности и резкости (засвечивание изображения искусственным и солнечным светом, неверная настройка фокуса), присутствие шумов и размытий, а также образов производственных сооружений и агрегатов. Приведено математическое описание рекуррентного поиска усредненного максимума. Рассмотрена разработка алгоритма локализации изображений маркировок промышленных изделий на основе двумерного рекуррентного поиска усредненного максимума. Проведены экспериментальные исследования разработанного алгоритма в лабораторных и промышленных условиях. Приведены результаты внедрения разработанного алгоритма в систему автоматической идентификации маркировки на ОАО «Выксунский металлургический завод» для контроля движения продукции на инновационном, литейно-прокатном комплексе «СТАН-5000».

Ключевые слова: маркировка промышленного изделия, локализация, рекуррентный поиск усредненного максимума.

## DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE LOCALIZATION ALGORITHM OF MARK IMAGES OF INDUSTRIAL PRODUCTS ON THE BASIS OF TWO-DIMENSIONAL RECURRENT SEARCH OF AVERAGE MAXIMUM

Astafiev A.V.

*Murom institute (branch) of Vladimir state university, Murom, Orlovskya str., 23a, e-mail: alexandr.astafiev@mail.ru*

The article shows the relevance of the development of algorithms for localization markings industrial products for control systems for the movement of products. The implementation of such a control is possible through the introduction of automatic identification and recognition. The main difficulty in the use of MAY is the task of localization of industrial products, which complicate the presence of uneven illumination and sharpness (overexposing images of artificial and natural light, the wrong focus setting), the presence of noise and blur, as well as images of industrial buildings and units. The mathematical description of recurrent finding the average of the maximum. Considered the development of a localization algorithm image markings of industrial products on the basis of two-dimensional recurrent finding the average of the maximum. Experimental studies of the developed algorithm in laboratory and industrial conditions. The results of implementation of the developed algorithm in a system for automatic identification markings on JSC "Vyksa steel works" to control the movement of products to innovative, casting and rolling complex MILL-5000".

Keywords: industrial marking products, localization, recurrent finding the average of the maximum.

В настоящее время, в связи с необходимостью развития промышленности, требуется введение новых наукоемких технологий по контролю движения продукции. Реализация такого контроля возможна с помощью внедрения систем автоматической идентификации и распознавания. От степени совершенства работы системы контроля движения продукции зависит эффективность производства в целом. Поэтому решение задач управления на промышленных предприятиях, состоящих в разработке новых и совершенствовании

существующих методов и средств обработки информации, с целью повышения эффективности систем контроля движения продукции имеет важное значение [3; 4; 7].

Для контроля движения продукции используются маркировки промышленных изделий. На новейших промышленных предприятиях контроль движения продукции осуществляется специализированными средствами – системами автоматической идентификации маркировки (САИМ). Основная сложность при использовании САИМ заключается в задаче локализации промышленной продукции, которую усложняют наличие неравномерной освещенности и резкости (засвечивание изображения искусственным и солнечным светом, неверная настройка фокуса), присутствие шумов и размытий, а также образов производственных сооружений и агрегатов (рис. 1). Автоматизация этой сферы деятельности является мало проработанной и зачастую выполняется вручную [1; 5; 6; 8].

Целью исследования является разработка и внедрение алгоритма локализации маркировок промышленных изделий на основе двумерного рекуррентного поиска усредненного максимума для повышения достоверности идентификации систем автоматической идентификации маркировок на малоконтрастных цифровых изображениях.



Рис. 1. Пример изображения, обрабатываемого в САИМ.

### **Разработка алгоритма локализации маркировок промышленных изделий на основе двумерного рекуррентного поиска усредненного максимума**

Для разработки алгоритма локализации на основе рекуррентного поиска усредненного максимума было разработано математическое описание этого метода [9; 11].

Пусть  $f(x)$  – это функция яркости изображения, тогда для локализации промышленной маркировки рекуррентным поиском усредненного максимума необходимо выполнить следующие математические операции. Графически рекуррентный поиск усредненного максимума представлен на рисунке 2.

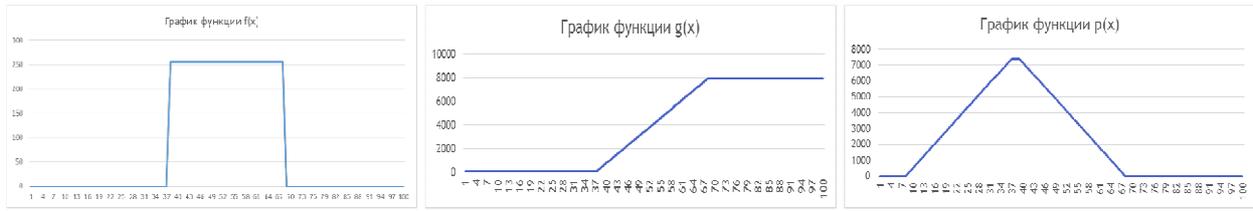


Рис. 2. Рекуррентный поиск усредненного максимума.

В непрерывном пространстве усредненный максимум  $x_0$  определяется следующим образом:

$$g(x) = \int_0^x f(x) dx$$

$$p(x) = g(x+h) - g(x)$$

$$F_{x_0} = \max_i p(i)$$

В дискретном пространстве исходная функция представлена в виде массива  $F$ , и необходимо найти усредненный максимум  $x_0$ :

$$G_k = \sum_{i=0}^k F_i$$

$$P_i = G_{i+h} - G_i$$

$$P_{x_0} = \max_i P_i$$

Для увеличения быстродействия реализация данных формул возможна рекуррентным способом. В рекуррентном виде координата  $x_0$  определяется как:

$$F_i := F_i + F_{i-1}$$

$$F_i := F_{i+h} - F_i$$

$$F_{x_0} = \max_i F_i$$

Результатом работы алгоритма является координата точки  $x_0$ , в которой значение результирующей функции  $p(x)$  максимально. Соответственно  $x_0$  является координатой локализуемого объекта [2; 10].

В процессе эксплуатации САИМ в поле зрения промышленных камер могут попадать искусственные и естественные источники света, образы производственных сооружений и агрегатов, а также, в силу физических взаимодействий, может расстраиваться фокус. Наличие этих условий снижает достоверность идентификации промышленных изделий.

Для повышения достоверности локализации промышленных изделий на сильно зашумленных цифровых изображениях предложен алгоритм локализации маркеров на основе двумерного рекуррентного поиска усредненного максимума.

Пусть  $f(x,y)$  – это функция яркости изображения, тогда для локализации промышленной маркировки двумерным усреднением данных рекуррентного поиска усредненного максимума необходимо выполнить следующие математические операции.

В непрерывном пространстве координата маркировки  $x_0, y_0$  определяется следующим образом:

$$\begin{aligned}
 g_x(x,y) &= \int_0^x f(x,y) dx \\
 p_x &= g_x(x+h_x,y) - g_x(x,y) \\
 g_y^*(x,y) &= \int_0^y p_x(x,y) dy \\
 p(x,y) &= g_y^*(x,y+h_y) - g_y^*(x,y) \\
 F_{x_0,y_0} &= \max_{i,j} p(i,j)
 \end{aligned}$$

В дискретном пространстве исходная функция представлена в виде массива  $F$ , и необходимы координаты  $x_0, y_0$ :

$$\begin{aligned}
 G_{k,y}^x &= \sum_{i=0}^k F_{i,y} \\
 P_{i,y}^x &= G_{i+h_x,y}^x - G_{i,y}^x \\
 G_{x,m}^y &= \sum_{j=0}^m P_{x,j}^x \\
 P_{x,j} &= G_{x,j+h_y}^y - G_{x,j}^y \\
 P_{x_0,y_0} &= \max_{i,j} P_{i,j}
 \end{aligned}$$

Для увеличения быстродействия реализация данных формул возможна рекуррентным способом. В рекуррентном виде для определения координат  $x_0, y_0$  массив  $F$  преобразуется по формуле:

$$\begin{aligned}
 F_{i,j} &= F_{i-1,j} + F_{i,j} \\
 F_{i,j} &= F_{i+h_x,j} - F_{i,j} \\
 F_{i,j} &= F_{i,j-1} + F_{i,j} \\
 F_{i,j} &= F_{i,j+h_y} - F_{i,j} \\
 F_{x_0,y_0} &= \max_{i,j} F_{i,j}
 \end{aligned}$$

Результатом работы алгоритма являются координаты точки  $x_0, y_0$ , в которой значение результирующей функции  $p(x,y)$  максимально. Соответственно эти координаты являются точкой местоположения локализуемой маркировки промышленного изделия.

### Экспериментальные исследования

Результаты проведенных в работе исследований внедрены в систему автоматической идентификации маркировки на промышленном предприятии ОАО «Выксунский металлургический завод» (г. Выкса) для контроля движения изделий на складе слябов и

заготовок. По результатам проведенных исследований достоверность идентификации маркировки составила 96-98%. Время идентификации составило от 10 до 14 секунд, что соответствует предъявленным требованиям к оперативности работы.

Примеры работы разработанного алгоритма представлены на рисунках 3 и 4.

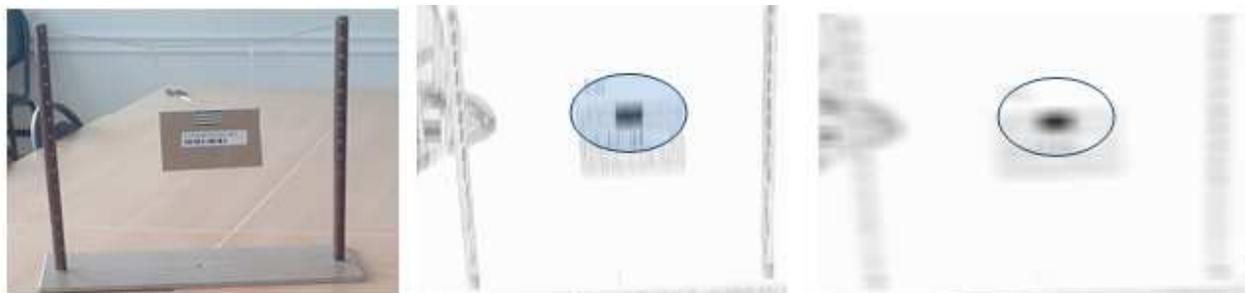


Рис. 3. Пример работы алгоритма локализации в лабораторных условиях.

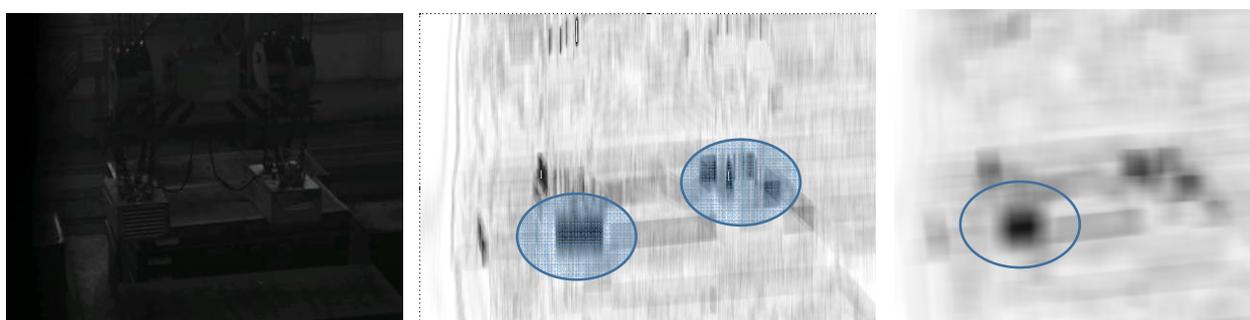


Рис. 4. Пример работы алгоритма локализации в промышленных условиях.

Качество работы систем автоматической идентификации маркировки характеризуется вероятностями идентификации. При идентификации промышленных объектов возможно появление двух типов ошибок. Ошибка первого рода связана с возможностью не идентифицировать промышленный объект, который на самом деле находится в области видимости камеры. Ошибка второго рода отражает случаи, когда система идентифицирует промышленный объект, на самом деле не имеющий маркировки. Для современных систем распознавания лица типичное значение вероятности правильного распознавания, как правило, находится в диапазоне от 80 до 97%, при ошибке второго рода, не превышающей 2%. В случае с САИМ оценка вероятности возникновения ошибки первого рода составляет 0,95-2,82%, а второго рода – 0,2-0,4%.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-07-00845 и в рамках выполнения государственного заказа.*

### Список литературы

1. Астафьев А.В. Анализ визуальных систем мониторинга производственного процесса на промышленных предприятиях / Астафьев А.В., Провоторов А.В., Орлов А.А. // Вестник НГУЭУ. - 2011. - № 1. - С. 26-32.

2. Канунова Е.Е. Методы и алгоритмы реставрации изображений архивных тестовых документов / Е.Е. Канунова, А.А. Орлов, С.С. Сыдыков. – М. : Мир, 2006. - С. 135.
3. Орлов А.А. Алгоритмы обработки снимков промышленных изделий / Орлов А.А., Антонов Л.В. // Современные проблемы науки и образования. - 2012. - № 6. - С. 97.
4. Орлов А.А. Комплексный анализ систем мониторинга оборудования на производственных предприятиях / Орлов А.А., Астафьев А.В., Провоторов А.В. // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. - 2010. - № 15. - С. 131-135.
5. Орлов А.А. Компьютерный рентгенографический анализ качества сварных соединений и выделение линейчатых объектов на них // Автоматизация и современные технологии. - 2009. - № 6. - С. 3-6.
6. Орлов А.А. Реализация системы обработки изображений линейчатых объектов // Программные продукты и системы. - 2007. - № 4. - С. 61.
7. Орлов А.А. Системный анализ методов маркировки промышленных изделий / Орлов А.А., Провоторов А.В., Астафьев А.В. // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. - 2010. - № 15. - С. 136-140.
8. Орлов А.А. Технология сравнения и идентификации растровых изображений линий / Орлов А.А., Ермаков А.А. // Программные продукты и системы. - 2007. - № 1. - С. 68.
9. Орлов А.А. Технология сравнения и идентификации растровых изображений линий / Орлов А.А., Ермаков А.А. // Программные продукты и системы. - 2008. - № 1. - С. 68-70.
10. Орлов А.А. Цифровая обработка текста на изображениях рукописей как линейчатых объектов / Орлов А.А., Канунова Е.Е. // Информационные технологии. - 2008. - № 1. - С. 57-62.
11. Садыков С.С. Методика обработки линейчатых образов на дефектоскопических снимках / Садыков С.С., Орлов А.А., Ермаков А.А. // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. - 2009. - Т. 52. - № 2. - С. 11-16.

**Рецензенты:**

Жизняков А.Л., д.т.н., профессор, первый заместитель директора Муромского института (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром.

Орлов А.А., д.т.н., заместитель директора по развитию электронного обучения и дистанционных образовательных технологий Муромского института (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром.