

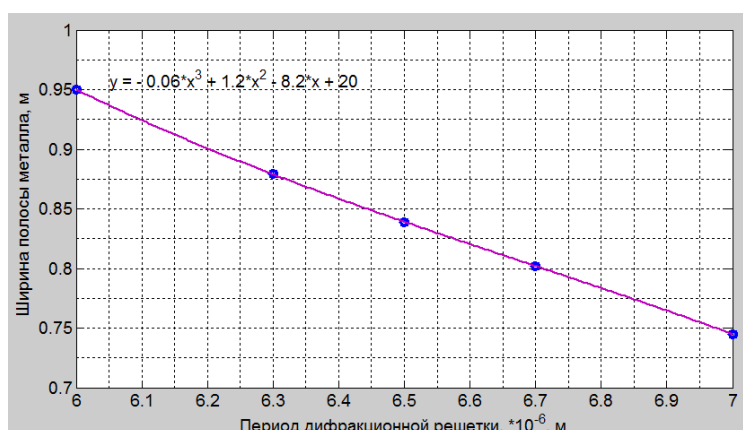


Рис. 3. Результаты аппроксимации Matlab

Литература

1. ГОСТ 26877-91. Металлопродукция. Методы измерений отклонений формы. – М.; взамен ГСТ 26877-86, введен с 01.07.92.
2. Патент 2311613 РФ, МПК G01B 07/34, МПК G01B 21/20, МПК B21B 38/02. Способ определения плоскостности движущегося листа материала / В. А. Агуреев, С. В. Трусилло, патентообладатель В. А. Агуреев, С. В. Трусилло; заявл. 17.08.06г, опубл. 27.11.07г.
3. Патент 2486979 РФ, МПК B21B 38/06, МПК B21B 38/02. Измерительный валок для определения дефектов

плоскостности ленты (варианты) и способ определения дефектов плоскостности ленты / Андреас НОЕ, патентообладатель «БВГ БЕРГВЕРК-УНД ВАЛЬЦЕРК-МАНИНЕНБАУ ГМБХ»; заявл. 29.06.09 г., опубл. 10.01.11г.

4. Патент 2267371 РФ, МПК B21B 38/02. Способ определения дефектов плоскостности / Тьерри Малар, Жан-Поль Фор, патентообладатель «ВЭ КЛЕСИМ»; заявл. 10.11.03 г., опубл. 10.01.06 г.

5. Сивухин, Д. В. Общий курс физики / Д. В. Сивухин. – М., 1980.

УДК 004.932.2

А. А. Орлов, А. В. Астафьев, Д. Г. Привезенцев

Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АЛГОРИТМА ЛОКАЛИЗАЦИИ СИМВОЛЬНОЙ МАРКИРОВКИ ТРУБНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ДВУМЕРНОГО ПОИСКА УСРЕДНЕННОГО МАКСИМУМА

Работа выполнена в рамках государственного заказа

В статье обоснована актуальность проведенного исследования и определена область применения разработанного алгоритма. Рассмотрена частная задача идентификации трубной продукции на ОАО «Выксунский металлургический завод». Приведено математическое описание разработанного алгоритма. Описано внедрение алгоритма локализации в систему автоматической идентификации маркировки и показано его место в ней. Рассчитаны показатели эффективности системы автоматической идентификации маркировки с учетом работы внедренного алгоритма.

Маркировка, локализация, идентификация, поиск усредненного максимума.

The article proves the relevance of the conducted research and determined the scope of application of the developed algorithm. The specific task of identification of pipe products at public corporation "Vyksa Steel Works" is considered. The mathematical description of the algorithm is given. The implementation of the algorithm of localization in the system of automatic identification of marking is described and shown its place in it. The indexes of efficiency of the system for the automatic identification marking including an embedded algorithm are calculated.

Identification marking, localization, identification, search of an average maximum.

Введение.

В настоящее время любое крупное производственное предприятие ставит перед собой цель – повышение качества выпускаемой продукции. На со-

временном этапе развития общества добиться этого возможно с помощью применения новых информационных технологий для автоматизации производств. Одним из наиболее бурно развивающихся

направлений в этой отрасли является контроль движения продукции. Организация автоматического контроля движения продукции позволяет отслеживать весь производственный цикл выпускаемых изделий, автоматизировать процесс их хранения и минимизировать влияние человеческого фактора [1], [2].

Основной сложностью в автоматизации движения продукции является уникальность каждого производственного процесса, поэтому одним из наиболее универсальных решений на сегодняшний день является построение систем технического зрения. Для этого выпускаемая продукция маркируется и идентифицируется в процессе транспортировки. Основное место в процессе идентификации продукции занимает задача локализации маркировки изделия на изображении, получаемом в системе технического зрения. Исходя из этого, можно сделать вывод, что разработка и внедрение новых алгоритмов локализации промышленных изделий является актуальной научно-технической задачей [3], [4].

Основная часть.

Задача идентификации трубной продукции.

Одной из задач автоматизации контроля движения продукции является отслеживание готовой трубной продукции на ОАО «Выксунский металлургический завод» (ОАО «ВМЗ»). Продукцией ОАО «ВМЗ» выступает трубная продукция маркированная промышленным струйным принтером в формате следующей последовательности (рис. 1).



Рис. 1. Пример маркировки трубы ОАО «ВМЗ»

Исходя из того, что маркировка струйным принтером обладает выраженными яркостными признаками, то локализацию этой маркировки предложено производить с помощью метода поиска усредненного максимума [5].

Разработка алгоритма локализации символьной маркировки трубной продукции на основе последовательного двумерного поиска усредненного максимума. В случаях локализации промышленных изделий по их маркировкам с использованием алгоритмов одномерного подхода в условиях, когда фоновые объекты могут быть похожи по своим признакам на локализуемые, либо искажение получаемого изображения может пагубно повлиять на точность локализации, предлагается повысить досто-

верность получаемых результатов путем прохода по второй оси. Однако необходимо знать примерные размеры локализуемой маркировки по двум осям. Использование данного подхода незначительно увеличит время обработки изображения, но точность локализации заметно возрастет.

Целью разработки алгоритма является создание инструмента для локализации маркировок в сложных производственных условиях. В случаях, когда известны размеры локализуемой маркировки промышленного изделия и использование одномерного алгоритма локализации не достигает необходимой точности, возможно применение этого же алгоритма по второй оси на уже обработанном изображении. Использование дополнительной оси для локализации позволяет конкретизировать местоположение локализуемой маркировки.

Неточность вычисления входных параметров или искажение получаемого изображения может привести к попаданию ложных вхождений (рис. 2 б). Если применить алгоритм по второй оси изображения, то нужная область локализации будет более сгруппирована, а ложные вложения будут проигнорированы (рис. 2 в).

В непрерывном пространстве алгоритм можно представить в виде набора формул (1)–(2) или (3)–(6).

$$q(x, y) = \int_0^x \int_0^y f(x, y) dx dy \quad (1)$$

$$p(x, y) = q(x + h_x, y + h_y) - q(x, y) \quad (2)$$

или

$$q_x(x, y) = \int_0^x f(x, y) dx \quad (3)$$

$$p_x = q_x(x + h_x, y) - q_x(x, y) \quad (4)$$

$$q_y^*(x, y) = \int_0^y p_x(x, y) dy \quad (5)$$

$$p(x, y) = q_y^*(x, y + h_y) - q_y^*(x, y) \quad (6)$$

В дискретном пространстве рассчитать массив P можно с помощью формул (7)–(10).

$$G_{k,y}^x = \sum_{i=0}^k F_{i,y} \quad (7)$$

$$P_{i,y}^x = G_{i+h_x,y}^x - G_{i,y}^x \quad (8)$$

$$G_{x,n}^* = \sum_{j=0}^n P_{x,j}^x \quad (9)$$

$$P_{x,j} = G_{x,j+h_y}^* - G_{x,j}^* \quad (10)$$

В рекуррентном виде массив F изменяется по набору формул (11)–(14):

$$F_{i,j} = F_{i-1,j} + F_{i,j} \quad (11)$$

$$F_{i,j} = F_{i+h_x,j} - F_{i,j} \quad (12)$$

$$F_{i,j} = F_{i,j-1} + F_{i,j} \quad (13)$$

$$F_{i,j} = F_{i,j+h_x} - F_{i,j} \quad (14)$$

Результатом работы алгоритма являются координаты расположения маркировки на изображении, охарактеризованные максимумом результирующей функции (массива).

Внедрение на предприятие. Разработанный алгоритм был внедрен на ОАО «ВМЗ» в систему автоматической идентификации маркировки (САИМ)

трубной продукции в цехе «СТАН-5000». Разработанный алгоритм вошел в состав подсистемы локализации маркировки (рис. 3). Пример работы алгоритма локализации символической маркировки трубной продукции на основе последовательного двумерного поиска усредненного максимума в составе САИМ представлен на рис. 4.

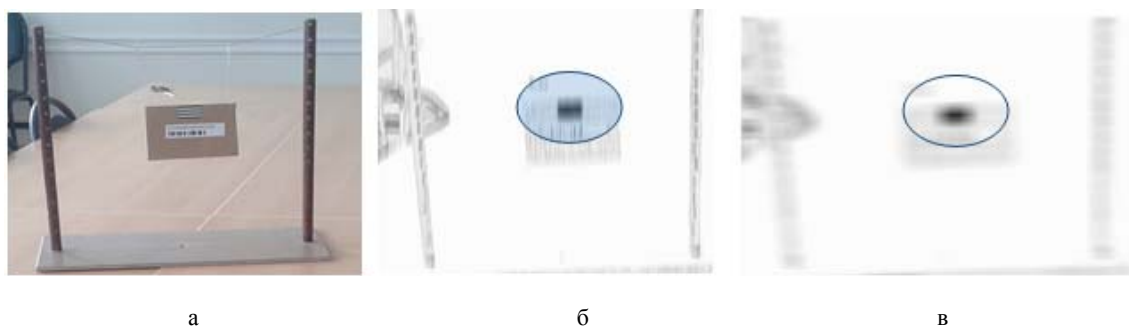


Рис. 2. Пример работы алгоритма локализации на основе двумерного усреднения



Рис. 3. Место разработанного алгоритма в составе САИМ

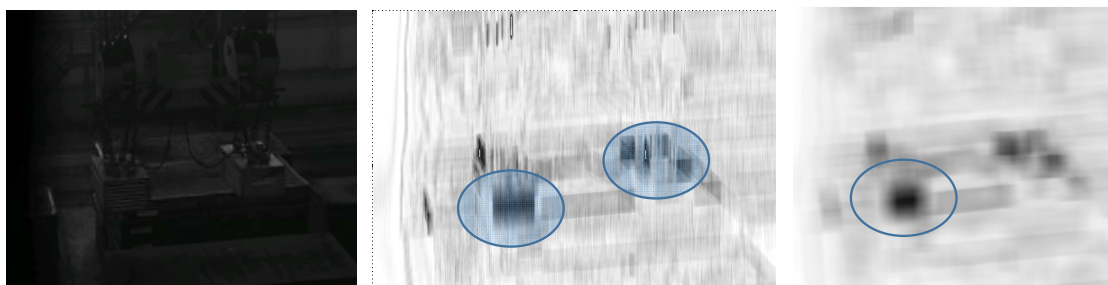


Рис. 4. Пример работы алгоритма локализации в составе САИМ

Разработка алгоритма локализации символьной маркировки трубной продукции на основе последовательного двумерного поиска усредненного максимума потребовалась в связи с неравномерностью освещения в условиях производства. Наложение естественного и искусственного освещения создавали случаи «засвечивания» промышленных агрегатов таким образом, что, находясь в составе фона изображения, они имели сходные с маркировкой характеристики.

Использование разработанного алгоритма позволило повысить достоверность идентификации в равномерно освещенных частях на 1–2 %, а в неравномерно освещенных – на 7–8 %. Шанс возникновения ошибки первого рода снизился на 0,72 % и составил 0,95–2,82 %. Шанс возникновения ошибки второго рода снизился на 0,85 % и составил 0,2–0,4 %.

Выводы.

Рассмотренные алгоритмы успешно используются для решения различных задач распознавания образов. Для решения же поставленной задачи ни один из известных опубликованных алгоритмов не соответствовал предъявленным требованиям. Поэтому был разработан специальный алгоритм, опирающийся на специфику поставленной задачи. Именно он решает все проблемы локализации маркера. Он идеально быстр (быстрее в принципе невозможно разработать алгоритм), так как он анализирует только малую часть изображения, не говоря уже о нескольких проходах по всему изображению, которые используются в других алгоритмах. Любой другой алгоритм, анализирующий меньшее количество инфор-

мации, будет иметь вероятность ошибки (пропустить маркер), так как маркер сможет поместиться вне анализируемой области. Кроме того, разработанный алгоритм уникально помехоустойчив.

Литература

1. Астафьев, А. В. Методика и алгоритмы автоматической двухэтапной видеоидентификации металлопрокатных заготовок / А. А. Орлов, А. В. Астафьев, А. В. Провоторов // Автоматизация в промышленности. – 2013. – № 10. – С. 53–57.
2. Астафьев, А. В. Метод объединения результатов алгоритмов цифровой локализации символьных маркировок / А. А. Орлов, А. В. Астафьев // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 6. – С. 394–396.
3. Астафьев, А. В. Анализ визуальных систем мониторинга производственного процесса на промышленных предприятиях / А. В. Астафьев, А. В. Провоторов, А. А. Орлов // Вестник Новосибирского государственного университета экономики и управления. – 2011. – №1. – Т. 114. – С. 26–32.
4. Астафьев, А. В. Методы и алгоритмы локализации изображений маркировок в управляемых системах видеонаблюдения / А. В. Астафьев, А. А. Орлов, А. В. Провоторов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2011. – № 2. – С. 22–29.
5. Astafiev, A. Development of algorithm for localization of production markings with the use of analysis of the color data on digital images / A. Astafiev, A. Orlov // Geoconference on informatics, geoinformatics and remote sensing conference proceedings. Vol. 1. – Albena, Bulgaria, 2014. – S. 113–118.

УДК 004.89, 519.2, 519.85

С. Ю. Петрушенко

НПО «Новатор» (г. Екатеринбург),

С. В. Ендияров

ОАО «Уралмашзавод» (г. Екатеринбург)

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЗАЖИГАНИЯ АГЛОМЕРАЦИОННОЙ ШИХТЫ

В данной статье разрабатываются математические модели для управления процессом зажигания агломерационной шихты с использованием квази-Марковских цепей. Рассматривается постановка задачи оптимального управления, а также вводятся необходимые соотношения динамического программирования с учетом неопределенности показателей процесса зажигания.

Зажигательный горн, оптимальное управление, моделирование, квази-Марковские цепи.

The authors of the paper deals with the development of mathematical models for an optimal control of the ignition process of sintering mixture using quasi-Markov chains. The problem of optimal control is considered and the necessary relations of dynamic programming taking into account the uncertainty of available parameters of ignition are produced.

Ignition furnace, optimal control, modeling, quasi-Markov chains.

Введение.

Использование малогабаритных зажигательных горнов небольшой длины при агломерации шихт с

высокой долей тонких концентратов, спекание которых из-за относительно низкой газопроницаемости производится при высоте слоя 300–350 мм, требует