

# ОБНАРУЖЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ ЗАДАНЫХ ГРАНИЦАМИ ЕГО ОСОБЕННОСТЕЙ НА ПОЛУТОНОВОМ ИЗОБРАЖЕНИИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ.

А.В. Бовырин, А.В. Губанов, В.Ф. Курякин, К.В. Родюшкин, Б.М. Чудинович

ЗАО “Нижегородская лаборатория программных технологий”,  
Россия г. Н.Новгород, ул. Тургенева, д. 14., <mailto:gubanov@nstl.nnov.ru>

## ABSTRACT

In this paper we consider algorithms and realization of vector processing of the images on a basis multilevel (on levels of brightness of the grayscale image) analysis on an example of a task of classification and the measurements of parameters of electronic blocks. It consists in construction of the description of object, allocation of areas and/or of borders of object at several levels of the grayscale image and subsequent comparison of the received areas/borders with the description.

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальной по сей день задачей распознавания является поиск, классификация и определение параметров объектов на изображении. Результаты работ в этой области используются в машинном зрении, например, для управления роботами на сборочном конвейере, в распознавании объектов с целью контроля качества сборки, в том числе, при анализе электронных схем на присутствие всех необходимых деталей, для создания баз данных учета используемых деталей на основе анализа идентифицирующих меток на их поверхности и т.д.

В докладе на примере задачи классификации и измерения параметров электронных блоков рассматриваются алгоритмы и реализация векторной обработки изображений на основе многослойного (по уровням яркости полутонового изображения) анализа изображений. Он заключается в построении описания объекта, выделении областей и/или границ объекта на нескольких уровнях полутонового изображения и последующего сравнения полученных областей/границ с описанием.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

На вход системы подаются полутоновые изображения снимков электронных устройств из заданного перечня. На рисунке приведены примеры снимков.



**Рисунок 1** Примеры снимков электронных устройств.

При этом могут варьироваться масштаб (на 20%), ориентация (произвольный угол), контрастность в широком диапазоне. Фон, на котором находятся электронные устройства,

однороден. Необходимо: распознать устройство, определить его координаты в плоскости изображения, вычислить угол поворота и коэффициент масштаба. Время, отпущенное на обработку одного изображения, ограничено 200 ms.

## **КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПОДХОДОВ**

В основе описываемых подходов лежит идея многослойного структурного анализа векторного представления изображения. Многослойная векторизация подробно описана в статье [2] и базируется на алгоритмах реализованных в библиотеке функций векторной обработки видео изображений в реальном времени [1]. При условии априорного знания фона строятся векторные представления изображения на всем диапазоне возможных значений уровней яркости, за исключением значений точек фона. Уровни строятся с определенным шагом дискретизации по значениям яркости. Для распознавания объекта используются шаблоны, которые состоят из контурного описания внешней границы проекции объекта и контурного описания границ внутренних особенностей объекта. Дополнительно шаблон содержит выпуклые оболочки, построенные на этих границах, которые являются первым приближением описания объекта. Они сравниваются с соответствующими элементами текущего изображения для определения местоположения и угла поворота. Затем осуществляется распознавание областей элементов внутри и на границе объекта. На основе результатов полученных на предыдущих этапах вычисляются координаты объекта, поворот и коэффициент масштаба. Таким образом, обработка текущего изображения осуществляется по следующей схеме:

1. Локализация объекта на изображении по выпуклым оболочкам. Результаты: возможные типы объекта, центр, оценка поворота и масштаба
2. Анализ особенностей объекта по контурам. Результаты: точный тип объекта, данные для оценки поворота и масштаба
3. Вычисление параметров объекта. Результаты: точный центр, угол поворота и масштаб

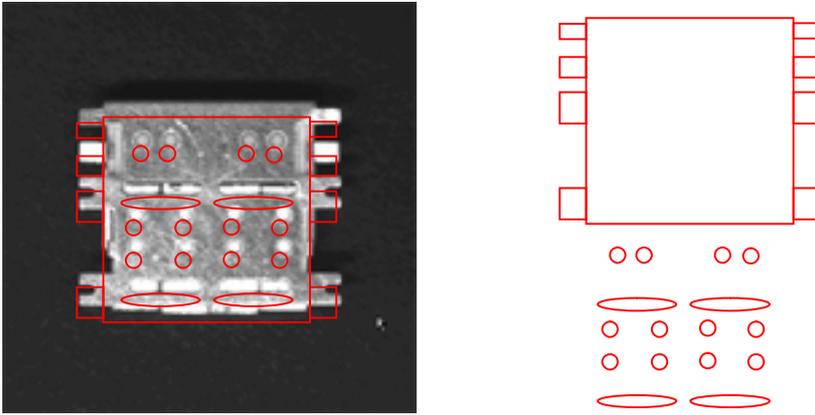
## **ПОСТРОЕНИЕ ШАБЛОНА ОБЪЕКТА С ИЗОБРАЖЕНИЯ**

Шаблоном является контурное описание границы проекции объекта и контурное описание границ внутренних особенностей объекта – отверстия, детали с выделенными по яркости границами и т.д. Данное описание может быть построено, например, с чертежа детали.

Разделим объект на две части: внешнюю границу и внутренние особенности объекта. На внешней границе и внутренних особенностях объекта строятся выпуклые оболочки – первое приближение объекта. Выпуклая оболочка на внешней границе строится на точках всех контуров, а на внутренних особенностях объекта, на точках всех контуров за исключением граничных.

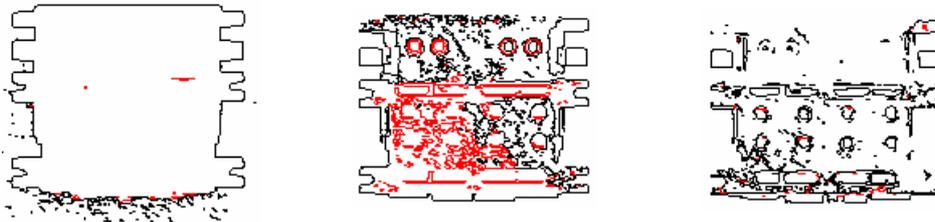
## **ЛОКАЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТА НА ИЗОБРАЖЕНИИ**

На входе снимок и шаблон. Производится поиск и сравнение первых приближений на построенных уровнях векторизации изображения и первых приближений, имеющих в шаблоне. На рисунке 2 изображены снимок объекта и шаблон.



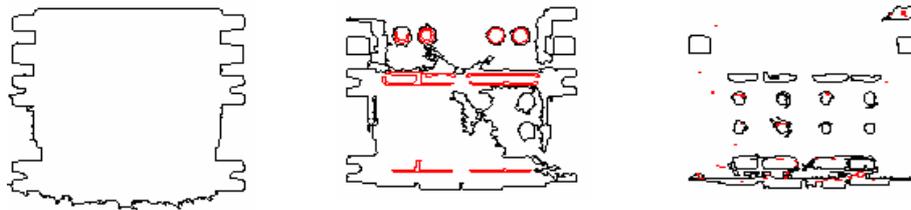
**Рисунок 2 Шаблон, наложенный на снимок. Внешняя граница. Внутренние составляющие.**

При условии априорного знания фона строим контуры на всем диапазоне возможных значений, за исключением значений точек фона. На нашем примере этот диапазон [50,255]. На рисунке представлены результаты построения контуров на нескольких слоях.



**Рисунок 3 Контуры, получаемые на уровнях бинаризации. 50-255; 150-255; 200-255**

Путем фильтрации по гистограмме размеров контуров из полученного множества контуров удаляются мелкие контуры; оставшиеся контуры аппроксимируются для уменьшения количества точек. На рисунке ниже представлены результаты фильтрации.



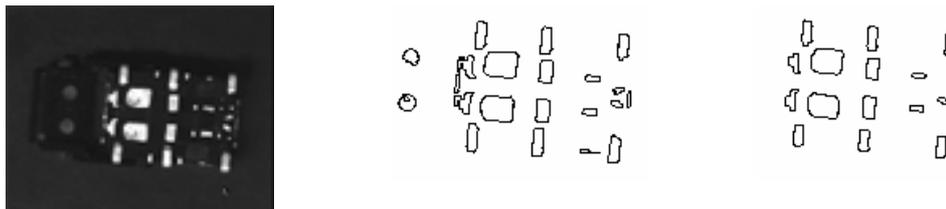
**Рисунок 4 Контуры на нескольких уровнях после фильтрации**

На полученных уровнях строятся выпуклые оболочки – первые приближения объекта. Их построение производится так же как на шаблоне.

Локализация объекта на изображении производится следующим образом. Вначале осуществляется сравнение первого приближения внешней границы шаблона с первыми приближениями, полученными на контурах имеющихся слоев. Затем та же операция производится с выпуклой оболочкой построенной на внутренних частях объекта.

Выбирается уровень, на котором пересечение выпуклой оболочки построенной на подложке шаблона с выпуклой оболочкой на изображении максимально.

При этом возможны ситуации, когда внешней границы на изображении нет, или она имеет форму окружности. Такая ситуация представлена на рисунке ниже.



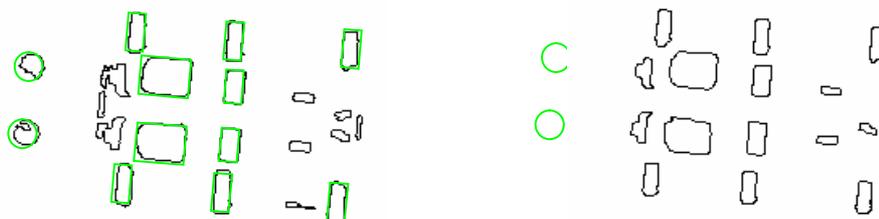
**Рисунок 5** Пример отсутствия внешней границы объекта на изображении.

В первом случае анализ производится на выпуклой оболочке внутренней части объекта, во втором ориентация объекта уточняется за счет сравнения внутренних оболочек.

После обнаружения максимально совпадающих первых приближений вычисляются центр объекта и угол поворота.

## **АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ОБЪЕКТА**

На следующем этапе алгоритма на шаблоне выделяются области, описывающие внутренние детали объекта и особенности границы. Этот этап включает в себя сравнение областей, описывающих форму внутренних деталей объекта. В качестве областей сравнения выбираются увеличенные на некоторый коэффициент контуры внутренних элементов шаблона. Далее производится анализ изображения в этих областях. На рисунке ниже приведены примеры получающихся контуров в областях на нескольких уровнях.



**Рисунок 6** Области особенностей и получаемые в них контуры

В начале определяются контуры, имеющие пересечения с данными областями, затем производится поиск участков найденных контуров ближайших к участкам границ особенностей.

Рядом с границами областей производится поиск похожих участков на контурах нескольких уровней. Выделенные участки сравниваются, и вычисляется общая степень сходства. Результаты сравнений накапливаются и содержат в себе сведения о смещении похожих участков, коэффициенте масштаба и несовпадении направлений. По степени совпадения всех вычисляемых параметров принимается решение о принадлежности объекта к проверяемому типу.

## **ВЫЧИСЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ**

Начиная с первого этапа накапливается информация о каждом из необходимых параметров. На этапе локализации вычисляется первое приближение координат объекта и его поворот. На этапе анализа особенностей объекта аккумулируется информация о смещении частей объекта и их масштабе по сравнению с шаблоном.

Уточнение полученных на первом этапе параметров основывается на данных, собранных на втором этапе. Производится обнаружение тенденции смещения и масштаба на основе данных полученных на втором этапе. Если таковая общая тенденция обнаружена, то оно является уточняющей. В дальнейшем, по этим направлениям уточняется положение и масштаб объекта.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Преимущество предложенного подхода состоит в следующем. Переход от растрового представления к векторному позволяет существенно уменьшить объемы обрабатываемой информации, при этом многослойное векторное представление изображения содержит в себе всю необходимую информацию для распознавания. Скорость обработки обеспечивается как высокой скоростью многослойной векторизации [1], так и малым объемом анализируемой информации, которая дополнительно уменьшается аппроксимацией. Вычислительные эксперименты подтверждают работоспособность алгоритмов на базе многослойного анализа векторного представления изображений при решении прикладных задач.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. А.В. Бовырин, А.В. Губанов, А.И. Колесов, В.Ф. Курякин, К.В. Родюшкин, Б.М. Чудинович Библиотека функций векторной обработки видеоизображений в реальном времени. М.: В докладах IX конференции "Математические методы распознавания образов" М. 1999, стр. 145- 147.
2. А.В. Бовырин, А.В. Губанов, В.Ф. Курякин, К.В. Родюшкин, Б.М. Чудинович Многослойный анализ фотоизображений: метод, алгоритмы, приложения. "Интеллектуализация обработки информации ИОИ-2000"