

А.Е. БАРИНОВ

**Классификация алгоритмов и  
методов локализации и  
обнаружения областей интереса  
при работе с промышленной  
маркировкой**

УДК 65.011.56

Муромский институт  
(филиал) ФГБОУ ВПО  
«Владимирский  
государственный  
университет имени  
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,  
г.Муром

*В работе выполнен анализ возможных методов для решения задачи локализации объектов на статических изображениях в системах технического зрения (СТЗ), которые будут разработаны для использования на промышленном производстве в учете и отслеживании маркеров. Проведена классификация в зависимости от различных априорных признаков, обеспечивающих получение от алгоритма успешных результатов.*

Автоматизация промышленного производства является приоритетным направлением в развитии промышленного комплекса в целом. Благодаря современным достижениям в области информационных технологий возможно упрощение контроля производства различной продукции за счет внедрения СТЗ. Такие системы разрабатываются для обнаружения и распознавания всевозможных идентификационных знаков и маркировочных кодов, содержащих полезную информацию о конкретной продукции. Это положительно образом скажется на эффективности производственного процесса, сокращении влияния человеческого фактора, а также уменьшении вероятности возникновения ошибок.

Работа СТЗ, о которой идет речь в данной работе, предполагает наличие следующих этапов выполнения задачи:

- Локализация области, в которой предполагается наличие маркера.
- Распознавание полученного изображения.

- Обработка посредством информационной системы, с занесением результатов обработки в базу данных.

Целью данной работы является исследование методов нанесения промышленной маркировки, получения различных видов и признаков маркеров и маркировочных кодов [1-4].

Распознавание текстовых данных – очень сложная задача с теоретической и практической точки зрения. Во многих случаях хорошее решение требует комплексного подхода к задаче, которая разделяется на подзадачи:

- фильтрация изображения от шума;
- выделение изображений символов из изображения текста;
- выделение признаков символов и сравнение этих признаков с сохраненными образцами.

Но на сегодняшний день, практически каждая такая задача имеет ряд более или менее оптимальных решений, сводя, общую задачу по распознаванию текстовых символов к простому набору алгоритмов и методов.

Наряду с этим, рассмотрение обработки полученных в ходе распознавания результатов, а также способов хранения и передачи данных, отходят на второй план, так как трудоемкость их реализации в разы меньше, чем у решения задачи по локализации объектов в поисках областей интереса.

Касательно текущей задачи, в которой рассматривается проблема локализации маркеров в промышленном производстве, необходимо сказать, что для локализации какого-либо конкретного маркировочного кода, существует целый перечень возможных алгоритмов и методов, в зависимости от найденных характеристик объекта. Большой объем всевозможных характеристик получился в результате того, что практически на каждом производстве используется свой тип маркера, отсутствует какой-либо определенный стандарт. Способы нанесения маркировки от производства к производству, также варьируются [5-9].

Существует целый перечень способов нанесения промышленной маркировки:

- лазерная маркировка;
- каплеструйная маркировка;
- ударно-точечная маркировка.

Лазерная маркировка – нанесение на изделие различной информации и идентификационных данных, применяемая с бесконтактностью и быстротой процесса, а также имеющая надежность и стойкость изображения.

Каплеструйная маркировка – маркировка, которая может наноситься как на ровные, так и неровные, пористы и чувствительные поверхности, осуществляется посредством использования специального промышленного принтера.

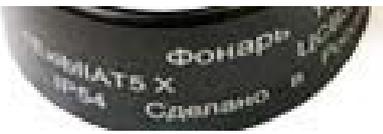
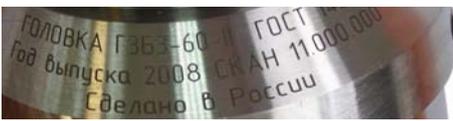
Ударно-точечная маркировка осуществляется непосредственно на детали с помощью непрерывных линий и точек, производимых вибрацией вольфрамово-карбидного пробойника, установленного на электромагнитную иглу.

Наличие некоторых разновидностей методов и способов нанесения промышленных кодов повлекло за собой возникновение большого числа маркеров, которые применяются в различных типах производства.

Было произведено необходимое исследование, в результате которого были получены наиболее часто использующиеся на производстве маркеры. Так как от метода их нанесения могут зависеть признаки, способствующие процессу локализации, была произведена группировка, сведенная в следующую таблицу [10, 11].

Таблица 1

#### Группировка маркеров по методу нанесения

Способ нанесения	Тип маркера	Пример маркера
Лазерная маркировка	Маркер, нанесенный на неметаллическое изделие	
Лазерная маркировка	Маркер, нанесенный на металлического изделие	
Лазерная маркировка	Маркировка на срезе изделия	

Способ нанесения	Тип маркера	Пример маркера
Не зависит от способа	Маркировочные таблички, располагаемые на изделии	
Каплетруйная маркировка	Маркер на неметаллическом изделии	
Каплетруйная маркировка	Маркер на металлическом изделии	
Ударно-точечная маркировка	Прочерчивание маркера на металлической табличке	
Ударно-точечная маркировка	Маркер на металле	

Также все эти маркеры обладают уникальными характеристиками, благодаря которым, их можно разбить на следующие группы:

- прямоугольные;
- круглые;
- цветные;
- текстурированные.

Исходя из найденных групп маркеров, можно выделить ряд характерных признаков, которые могут быть присущи отдельному виду или нескольким сразу:

- квадратная форма;
- округлая форма;

- сложная форма, в которой присутствуют признаки, как первого вида, так и второго;
- наличие определенного цвета;
- характерная текстура;
- различные метрические характеристики. В большинстве случаев это евклидово расстояние, абсолютное расстояние, максимальное расстояние, число Эйлера, компактность, длина периметра объекта, центр масс, ориентация главной оси инерции, удлиненность (эксцентриситет), радиусы вписанных и описанных окружностей, моменты инерции, коэффициент формы;
- контрастность с фоном.

В соответствии с перечисленными характеристиками могут применяться те или иные методы локализации областей интереса на изображении. Каждый метод показывает свою эффективность при получении различных априорных данных о каких-либо характеристиках.

При решении задачи локализации объектов на статических изображениях необходимо рассмотреть следующие алгоритмы и методы:

- корреляционный анализ;
- анализ гистограммы и локализация по статистическим характеристикам;
- метод контрастной и цветовой сегментации;
- структурные методы;
- метод геометрических шаблонов;
- локализация по метрическим характеристикам;
- текстурный метод.

Методы корреляционного анализа сводятся к вычислению корреляции изображения заданного объекта с наблюдаемым изображением. Суть локализации по корреляционному критерию состоит в том, чтобы обнаруживать пиксели (фрагменты и целые изображения) интересующих объектов только в том случае, если между их значениями яркости в заданных каналах наблюдается устойчивая корреляционная связь. При поиске и локализации по эталону выполняется корреляционная обработка признаков, полученных от эталона и входного изображения как с использованием порогов по величине сходства, так и без установления порога (когда ищется

максимум сходства). Корреляционные методы характеризуется большой вычислительной сложностью, поэтому использование их в СТЗ на промышленном производстве нецелесообразно, так как требования к трудоемкости достаточно велики.

Анализ гистограммы изображения заключается в построении гистограммы распределения цветовых или статистических свойств пикселей изображения. Гистограмма распределения цветовых значений изображения показывает процентное содержание точек определенной яркости. Поиск и локализация областей интереса производится методом установки пороговых значений яркости, и все точки изображения, лежащие в пределах данных значений, выделяются на изображении, как искомые области. Для локализации объектов по статистическим характеристикам применяется построение гистограммы пространства статистических характеристик пикселя, например, отклонение каждой из цветовых компонент от среднего значения по окрестности, дисперсия каждой цветовой компоненты в окрестности пикселя и т.д. Таким образом данный метод подходит для локализации маркеров имеющих какой-либо геометрически описываемый контур, прямоугольный или круглый, также имеется возможность локализовать цветные маркеры, то есть, пиксели которого находятся в определенном цветовом диапазоне.

Локализация объектов методами сегментации. Если контраст объект-фон является достаточным, тогда локализовать такой объект не представляет труда. Основой таких методов является представление о том, что любое изображение можно разбить на конечное число сегментов – участков, имеющих какие-либо характеристики. Методы сегментации применяются для поиска деталей машинной обработки (поиск краев и связь с ними линий и окружностей), поиска людей (поиск сегментов тела по признакам и объединение их в единое целое), поиска зданий (набор многогранных областей на фоне). Другим вариантом анализа пикселей объектов является применение методов цветовой сегментации. Задача сегментации в данном случае заключается в том, чтобы классифицировать каждый пиксель изображения в соответствии с тем, попадает ли его цвет в заданный диапазон или нет. Для реализации сопоставления пикселей применяются мера сходства – евклидово расстояние. Методы сегментации в основном используются для локализации объектов,

однородных по цвету. Чтобы локализовать маркер данным способом он должен иметь несложную геометрическую форму, контрастировать с фоном, или его цветность должна лежать в каком-либо геометрическом диапазоне.

Суть структурных методов заключается в формировании на основе непроектируемых элементов изображения составных структурных элементов объекта. В качестве составных структурных элементов изображения объекта, составленные из отрезков прямых линий. Эти методы являются одними из самых простых для локализации прямоугольных контуров.

Развитием структурных методов является метод геометрических шаблонов через пространственные связи (сложные объекты разбиваются на части, имеющие простую структуру, которые распознаются вышеописанными методами, а затем связываются в единое целое). С помощью метода геометрических шаблонов становится возможным локализовать маркер имеющий сложный контур, например состоящий из нескольких прямоугольников, кругов и т.д.

При локализации объектов по набору метрических характеристик анализируются множества пикселей образующие конкретные области. Данные характеристики изображения основаны на измерении расстояния между точками на его плоскости. Большинство метрических характеристик, встречающихся в задачах анализа изображений, это евклидово расстояние, абсолютное расстояние, максимальное расстояние, число Эйлера, компактность, длина периметра объекта, центр масс, ориентация главной оси инерции, удлиненность (эксцентриситет), радиусы вписанных и описанных окружностей, моменты инерции, коэффициент формы и т.д. Данный вид локализации хорошо справляется с нахождением округлых форм, так как признаки круга наиболее очевидны, но наряду с этим может распознать и прямоугольные маркеры.

Текстурные методы основаны на анализе текстуры изображения объекта – совокупности упорядоченных однотипных узоров (наборов пикселей). Резкие изменения (разрывы яркости), координат цвета или параметров, характеризующих текстуру, являются важными простейшими признаками, поскольку они часто определяют очертания изображенных объектов. Локальные разрывы значений яркости называются яркостными перепадами, или яркостными

контурами. Для обработки текстуры применяют фильтры пятен (обнаружение узоров), а затем фильтр полос разного направления. Полученная отфильтрованная информация обрабатывается статистическими методами [12-14].

В результате получается следующая диаграмма, на которой видно, какой маркер каким методом можно локализовать.

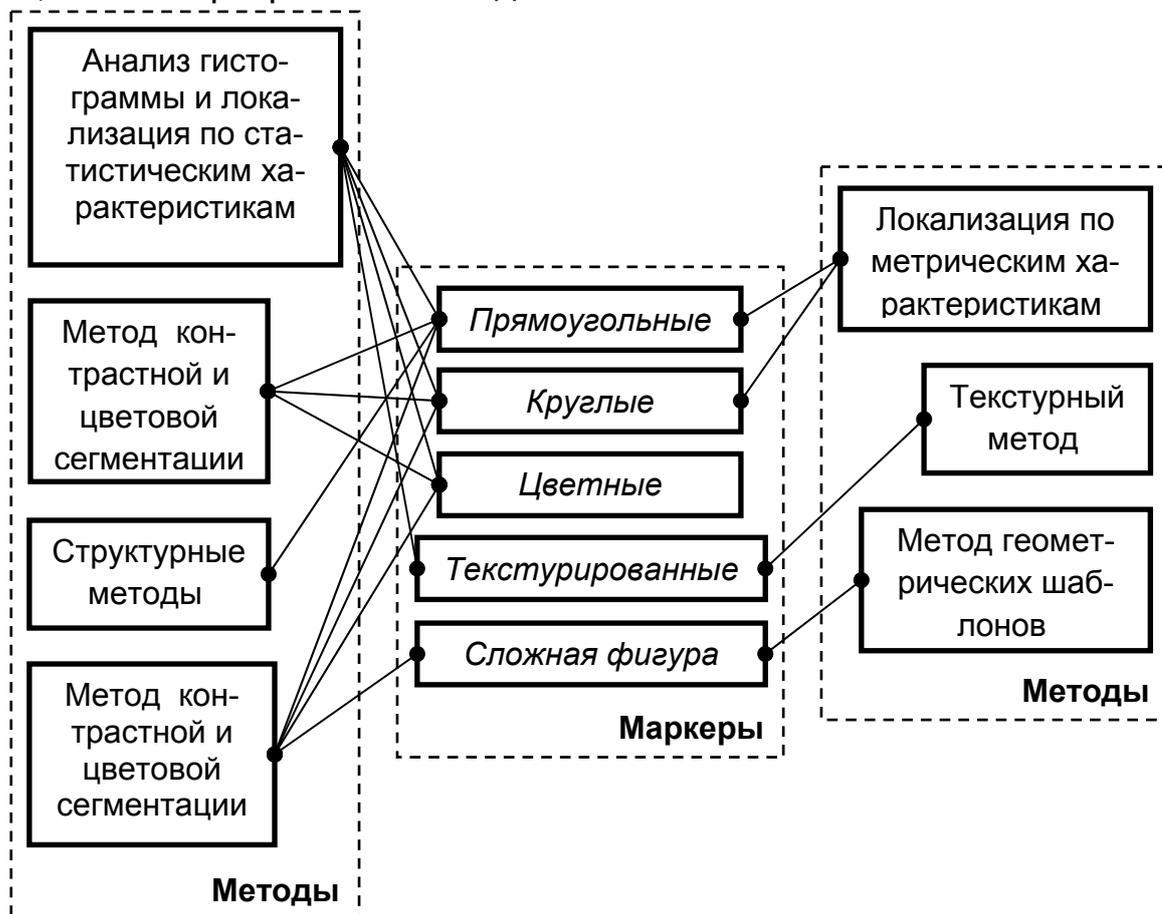


Рис. 1. Диаграмма классификации методов локализации.

В ходе проделанной работы, исследованы методы нанесения промышленной маркировки, в результате чего получены различные виды и признаки маркеров и маркировочных кодов. Проанализированы алгоритмы и способы локализации объектов на статических изображениях, применительно к текущей задаче – внедрению СТЗ на промышленное производство. В результате получена классификация, позволяющая сделать процесс распознавания и обработки более универсальным, так как до сих пор не существует какого-либо обобщающего метода по нахождению маркера, обладающего различными характеристиками. Результаты проведенного исследова-

ния позволять создать более эффективные системы идентификации маркировки, основанные на СТЗ.

### Литература

1. *Баринов А.Е., Фомин С.П.* Анализ проблемной ситуации контроля процесса производства слябов / Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2012. № 1. С. 16-22
2. *Орлов А.А., Ермаков А.А.* Технология сравнения и идентификации растровых изображений линий / Программные продукты и системы. 2007. №1. С. 68
3. *Садыков С.С., Орлов А.А., Ермаков А.А.* Методика обработки линейчатых образов на дефектоскопических снимках / Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2009. Т. 52. № 2. С. 11-16
4. *Орлов А.А.* Метод анализа линейчатых структур на цифровых дефектоскопических изображениях / Труды международного симпозиума "Надежность и качество". 2008. Т. 1. С. 376-380
5. *Гонсалес Р.* Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
6. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов / Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.К. Передревв, А.А. Роженцов, Р.Г. Хафизов, И.Л. Егошина, А.Н. Леухин; под ред. Я.А. Фурмана. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с. – ISBN 5-9221-0374-1.
7. *Ярославский Л.П.* Введение в цифровую обработку изображений / Л.П. Ярославский. – М.: Сов. Радио, 1979. – 312 с.
8. *Прэтт У.* Цифровая обработка изображений: пер. с англ. / У. Прэтт. – М.: Мир, 1982. – Кн. 2. – 480 с.
9. Методы компьютерной обработки изображений / Коллектив авторов под ред. В.А. Сойфера. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 784 с.
10. *Черняк С.С.* Металловеды — Иркутск: Изд-во ИрГУ, 2000. — 532 с.
11. *Горный С.Г., Юдин К.В.* Применения методов лазерной маркировки в промышленности / ЛАЗЕР-ИНФОРМ. Информационный бюллетень Лазерной ассоциации. 2003. №8. С. 115-123
12. Фрактальный анализ процессов, структур и сигналов: коллективная монография / Под ред. Р.Э. Пащенко. – Х.: ХООО «НЭО» ЭкоПерспектива», 2006. – 348 с.
13. *Нестеров А.В.* Анализ методов цифровой обработки информации в системах компьютерного зрения и обзор областей применения данных систем / А.В. Нестеров // Вестник РГРТУ. – Рязань, 2008. № 4 (выпуск 26). – С. 121-125.
14. *Рубан И.В., Шитова О.В.* Классификация методов обработки статических изображений для локализации объектов (областей «интереса») на них в системах технического зрения / Системи управління, навігації та зв'язку, випуск 3 (11), 2009 г. с. 139–143

E-MAIL: [ALEX@F5F5.RU](mailto:ALEX@F5F5.RU), ULTROIZMUROMA@GMAIL.COM

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:

Д.Т.Н. ОРЛОВ А.А.