

Д.П. ПОПОВ

**Алгоритм локализации символьной
метки на объекте,
транспортируемом мостовым
краном**

УДК 004.005

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

В данной статье раскрывается актуальность разработки и внедрения системы локализации символьной метки на объекте, транспортируемом мостовым краном. Производится обзор актуальных алгоритмов аналогов. Проводится сравнительный анализ, выявляются сильные и слабые стороны алгоритмов. Формируются требования к алгоритмам, необходимые для решения поставленной задачи.

Введение

В современном мире уровень эффективности промышленности тесно связан с уровнем автоматизации процессов на производстве. Именно поэтому экономический курс России направлен на модернизацию всех отраслей промышленности, а совершенствование методов и подходов автоматизации является актуальной научно-технической проблемой. Одна из динамично развивающихся направлений являются системы технического зрения (СТЗ), которые используются в самых разных отраслях промышленности и сфер деятельности. Их применение позволяет заменить человека, в условиях его опасности и вредных зон нахождения на предприятии. При этом исключают ряд человеческих факторов, увеличивая эффективность и безопасность системы в целом.

Целью данной работы является разработка и исследование алгоритма локализации символьной метки на объекте, транспортируемом мостовым краном.

Для достижения цели, необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ алгоритмов аналогов.
2. Формирование требований.
3. Разработка алгоритма локализации символьной метки.
4. Экспериментальные исследования разработанного алгоритма.

Исследуемой областью является контроль продукции (слябов) ОАО «Выксунский металлургический завод» (ОАО «ВМЗ»). Идентифицирующиеся заготовки представляют собой металлические слябы длиной от 4 до 7 метров и толщиной до 40 см с закрепленной на боковой стороне маркировкой.

Слябы перемещаются с помощью промышленного крана с длиной троллея 32 метра, таким образом, что закрепленный груз может находиться на расстоянии от 3 до 16 метров до ближайшей опоры и на высоте до 8 метров, что значительно затрудняет задачу локализации маркера (Рисунок 1).

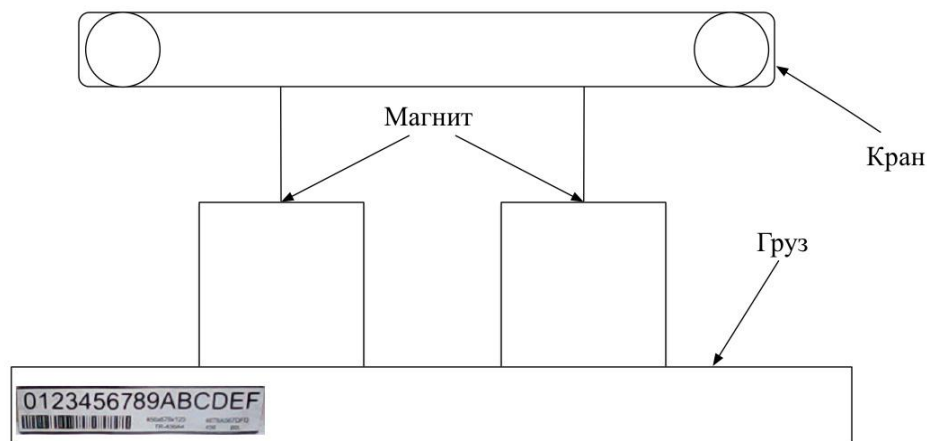


Рис.1. Схема крана с перемещаемой заготовкой.

Процесс локализации осложняют и другие факторы, такие как: малая освещенность, возможная зашумленность изображения и т.д.. Все это накладывает на используемые алгоритмы определенные требования.

Анализ алгоритмов аналогов.

Алгоритм поиска максимума кросскорреляционной функции двух изображений (АПКФ).

Дискретной кросскорреляций функций $f(t)$ и $g(t)$, определенных на множестве целых чисел Z , является следующая операция (формула 1):

$$\text{corr}(f, g)[n] = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} f[m]g[n + m] \quad (1)$$

Результатом является вектор чисел, показывающих, насколько сильно образец выражен в сигнале. Данный алгоритм основан на представлении изображения в виде двух дискретных функций яркости, после чего к ним применяются операции кросскорреляции. Максимум этой функции будет находиться в той области где изображения совпадают больше всего [1].

Обнаружение устойчивых признаков изображения: метод SURF.

Surf (Speeded Up Robust Feature), что в переводе «Ускоренный надежный алгоритм». Surf является одним из наиболее эффективных и быстродейственных современных алгоритмов. Метод *SURF* решает две задачи – поиск ключевых точек изображения и создание их дескрипторов, инвариантных к масштабу и вращению. Метод ищет ключевые точки с помощью матрицы Гессе. Детерминант матрицы Гессе (гессиан) достигает экстремума в точках максимального изменения градиента яркости. Он хорошо детектирует пятна, углы и края линий. Гессиан инвариантен относительно вращения, но не инвариантен масштабу, поэтому *SURF* использует разномасштабные фильтры для нахождения гессианов [2].

Обнаружение особых точек и их дескрипторов: метод SIFT.

SIFT (Scale Invariant Feature Transform) - данный алгоритм позволяет определять особые точки в виде капель (англ. blobs), так как они инвариантны ко всем преобразованиям (к аффинным преобразованиям, изменениям освещённости, положению камеры и к шуму). Капли – это структуры, описываемые координатами центра, масштабом и направлением. Подобного вида структуры являются самыми сложными, высокоуровневыми среди всех видов форм особых точек, и поэтому обеспечивают устойчивое их обнаружение. Алгоритм SIFT показывает лучшие результаты обнаружения особых то-

чек по качеству чёткости и контрастности изображения, чем другие алгоритмы обнаружения капель. Недостатком SIFT является его вычислительная сложность, что ограничивает его применение в режиме постобработки [3].

Сравнительный анализ алгоритмов и формирование требований, для решения поставленной задачи.

Таблица 1

Сравнительная таблица алгоритмов

Показатель	АПКФ	SURF	SIFT
Эффективность, в %	87	91	90
Время, в секундах	0,5	1,17	0,78
Инвариантность	Устойчив к масштабированию, средние показатели при зашумленном изображении	Не инвариантен к масштабу, низкие показатели при зашумленном изображении	Устойчив к масштабированию, высокие показатели при зашумленном изображении
Угол наклона метки	Не устойчив к поворотам менее 5°	Слабоустойчив к поворотам менее 15°	Устойчив более 40°
Эффективность при малоконтрастном изображении	Малая эффективность	Средняя эффективность	Высокая эффективность

В ходе анализа были сформированы следующие требования:

- эффективность выше 90%;
- высокое быстродействие, менее 1 секунды;
- возможность локализации непрерывно, в видеопотоке;
- инвариантность масштабам метки;
- невысокая вычислительная сложность алгоритма;
- малые требования к аппаратной части;
- угол наклона метки более 20°.

Разработка алгоритма локализации символьной метки.

Для того, чтобы достоверно и быстро идентифицировать переносимое мостовым краном изделие необходимо получить изобра-

жение переносимого им груза. Для этого целесообразно локализовать сам мостовой кран, а затем получить изображение переносимого им груза путём вычисления его координат. Для этого необходимо ввести в систему новую маркировку для мостового крана с такими параметрами, чтобы ее можно было легко и быстро локализовать.

Для решения поставленной задачи была выбрана маркировка, состоящая из чередующихся горизонтальных черных и белых полос – «Зебра». «Зебра» обладает свойством резких перепадов яркости и явно выражается на получаемом цифровом изображении. Вид специальной метки показан на рисунке 2.

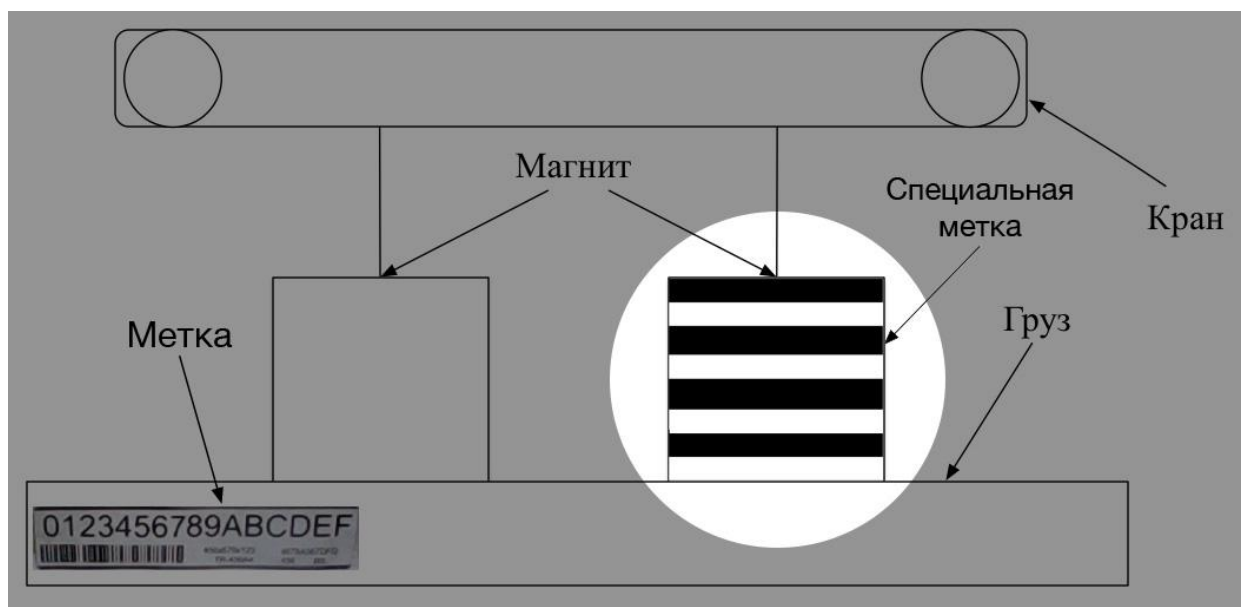


Рис. 2. Изображение промышленного крана с нанесенной специальной меткой

Реализация алгоритма цифровой локализации магнита промышленного крана с нанесенной «зеброй» основана на одномерном интегрально-дифференциальном подходе, который описан в работах [5,6].

Работу разработанного алгоритма можно представить последовательностью четырех шагов:

1. Производится поиск максимального всплеска яркости на изображении путем анализа матриц-столбцов яркостей входного изображения с заданным шагом. Результатом этого этапа является столбец, характеризующийся наибольшим всплеском яркости на изображении.

2. Найденная матрица-столбец переводится в матрицу яркости с нарастающим итогом, путем интегрирования.

3. Производится дифференцирование значений в получившейся матрице.

4. Находится максимальное значение матрицы.

Результатом работы алгоритма являются координаты расположения метки на изображении. Локализация символьной метки происходит по аналогичному алгоритму, где для поиска максимального всплеска яркости берутся не матрицы-столбцы а матрицы-строк.

Исследовательская часть.

Построена лабораторная установка, являющаяся физической моделью системы идентификации производимой продукции. На установке моделируется процесс идентификации снимков рассматриваемой предметной области, для экспериментальной проверки работоспособности алгоритмов. Цель моделирования заключается в тестировании предлагаемого подхода и выявления влияния различных факторов на вероятность верного распознавания. Схема установки представлена на рисунке 3.



Рис. 3 - Схема макета автоматической системы распознавания (АСР) маркеров на слябе.

Лабораторная установка состоит из следующих модулей:

- ЭВМ (ноутбук);
- процессор – Core 2 duo (2.2ghz);
- оперативной память 2gb;
- графический процессор – интегрированный (gma500);
- камера. 5 мегапикселей (1280x1024);
- маркер «Зебра» (состоит из 7 черных горизонтальных линий толщиной 3 см с интервалом в 3 см и белым фоном);
- маркер, представляющий собой изображение идентификатора исследуемой продукции, состоящий из вертикальных линий различной толщины и длины, а так же цифр. Изображение маркера имеет размер 297мм x 105 мм.

На рисунке 2 приведена блок схема лабораторной установки.

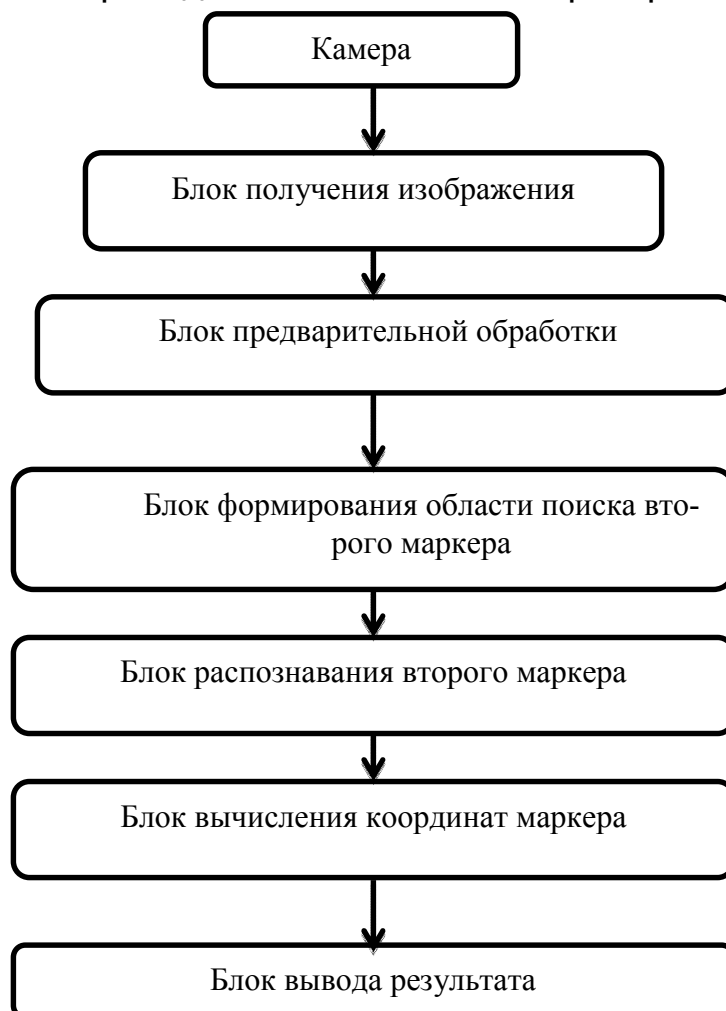


Рис. 4. Блок схема процесса.

Этапы работы установки:

1. Камера, подключенная к ЭВМ (ноутбуку).
 2. Блок получения изображения получает с камеры видеопоток.
 3. Из полученного изображения считывается светлотная составляющая.
 4. Изображение поступает в блок распознавания первого маркера (зебры).
 5. На полученном изображении выделяется область интереса.
 6. Осуществляется поиск второго маркера.
 7. На экран ЭВМ(ноутбука) производится вывод результата.
- Результаты исследования сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Эффективность алгоритма

Тип фона	Условия	Достоверность(%)
Простой фон	Высококонтрастная метка	99%
	Малоконтрастная метка	97%
	Хорошее освещение	99%
	Слабое освещение	96%
	Угол поворота маркера 10 градусов	98%
	Угол поворота маркера >20 градусов	40%
Сложный фон	Высококонтрастная метка	94%
	Малоконтрастная метка	87%
	Хорошее освещение	94%
	Слабое освещение	88%
	Угол поворота маркера 10 градусов	90%
	Угол поворота маркера >20 градусов	35%

На основе полученных экспериментальных результатов можно судить о высокой эффективности данного алгоритма. Были промоделированы типовые условия идентификации метки. При использовании простого фона эффективность системы дала лучшие результаты, относительно сложноконтрастного фона.

Вывод

В ходе работы проанализированы существующие алгоритмы локализации объектов на изображениях в двумерном пространстве. Определены критерии их оценки с учетом тех требований, которые необходимы для решения поставленной задачи. По результатам исследований, были выявлены преимущества и недостатки алгоритмов, как следствие все они имеют свою область применения, но ни один из алгоритмов не обладает нужным быстродействием. Поэтому был разработан собственный метод локализации. Произведены экспериментальные исследования алгоритма, которые показали высокие скорости алгоритма и достоверности локализации символьной метки на объекте транспортируемом мостовым краном.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-07-00845 и в рамках финансирования базовой части государственного задания в сфере научной деятельности ВлГУ.

Литература

1. Грузман, И.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах [Текст] // В. Киричук, В. Косых 2000. –168 с.
2. Обнаружение устойчивых признаков изображения: метод SURF – 2013.URL: <http://habrahabr.ru/post/103107/> (дата обращения 15.03.14)
3. Callmer, J Autonomous Localization in Unknown Environments // 2013. –197 с.
4. SURF: Speeded Up Robust Features 2013. URL: <http://www.vision.ee.ethz.ch/~surf/eccv06.pdf> (дата обращения 15.03.14)
5. Орлов А.А., Астафьев А.В. Метод объединения результатов алгоритмов цифровой локализации символьных маркеров // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 6.
6. Орлов А.А., Астафьев А.В. Реализация и применение алгоритма цифровой локализации изображений символьных меток на основе анализа скорости изменения яркости // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ

Д.Т.Н., ДОЦЕНТ А.А. ОРЛОВ