

# ПРИМЕНЕНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАФА ДЛЯ ПОИСКА ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

**В. С. Денисюк**

---

*Институт систем информатики имени А. П. Ершова СО РАН  
Новосибирск, Россия  
E-mail: denisyuk.victoria@gmail.com*

Статья посвящена разработке и оптимизации алгоритмов, используемых для нахождения объектов с применением преобразования Хафа. Рассмотрены этапы предобработки и фильтрации, позволяющие производить обнаружение объектов с наименьшими временными затратами и сохранением качества поиска. Для сокращения времени обработки использовались параллельные вычисления и метод, основанный на выборке информативных областей.

*Ключевые слова:* обработка изображений, выделение контуров, преобразование Хафа, Hough transform.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Преобразование Хафа (Hough transform) широко применяется в системах автоматизированного анализа изображений для определения фигур, описываемых аналитическими уравнениями [3].

Часто возникает проблема определения простых объектов, описываемых эллипсами или прямыми. В работе рассматриваются методы поиска и определения параметров объектов, форма которых описывается окружностью. Такими объектами могут являться газовые пузыри в жидкой среде, контуры радужной оболочки глаза или зрачка, ядра клеток на изображении препарата под микроскопом.

Методы, применяемые при подготовке изображений к исследованию (предварительная фильтрация, устранение шумов) и при основной обработке используют довольно ресурсоемкие вычисления, поэтому проблема оптимизации является актуальной для такого рода алгоритмов [1].

Сокращение времени нахождения результата может быть достигнуто с помощью распараллеливания алгоритма. При нахождении объектов с помощью преобразования Хафа используется метод, основанный на алгоритмической парадигме «разделяй и властвуй», что позволяет разделить вычисления между потоками. Суть подхода заключается в том, что каждому потоку отдается своя часть изображения или массив чисел, которые подвергаются обработке. Вычисления в разных потоках не зависят друг от друга, поэтому могут производиться одновременно и без синхронизации.

Также оптимизация может быть проведена с помощью доработки и улучшения самого алгоритма обнаружения объектов и нахождения их параметров.

## ПРЕДОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЯ

На первом этапе работы изображение из цветного переводится в черно-белое. Это позволяет сократить объем используемой памяти и хранить в три раза меньше информации о цвете точки.

Вторым шагом обработки становится улучшение контраста и бинаризация изображения с использованием комбинаторного метода [2]. Как правило, при поиске контуров объекта используются операторы Собеля или Щарра, но исследования, проведенные в рамках работы, показали, что метод, основанный на поиске локальных минимумов и максимумов в окрестности точки, дает меньше шумов и ложных границ.

Рассматриваются две точки на изображении:  $p = (i, j)$  и  $p' = (i', j')$  со значениями яркости  $b$  и  $b'$  соответственно. Цветовым расстоянием между этими точками называется модуль значений яркости  $cd(p, p') = |b - b'|$ . Через  $B_n(p) = B_n(i, j)$  обозначается квадрат со стороной размера  $n$  с центром в точке  $p = (i, j)$ , где  $n$  – нечетное. Задается  $n = 3$ , и в пределах рассматриваемого квадрата находятся минимальное и максимальное значения яркостей точек. Если значение цветового расстояния  $cd[B_n(p)] = \max\{cd(p', p'') : p', p'' \in B_n(p)\}$  превышает значение порога, то считается что через выбранную точку  $p = (i, j)$  проходит контур. В ходе экспериментов установлено, что оптимальный результат нахождения контура достигается при значении порога  $cd[B_n(p)]$  от 25 до 30 единиц яркости (по шкале от 0 до 255) в зависимости от изображения. После завершения этого этапа обработки получается изображение с выделенными контурами объектов.



Рис. 1. Результат применения комбинаторного метода выделения контуров объектов

## ОПТИМИЗАЦИЯ И ПОИСК ИНФОРМАТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ

В ходе исследования было установлено, что при уменьшении исходного изображения в 4 раза и удаления «мертвых областей», не содержащих объекты, достигается значительное сокращение временных затрат на нахождение центров объектов круглой формы.

Уменьшение изображения проводится с помощью следующего алгоритма: берется окрестность точки  $B_n(p) = B_n(i, j)$ , где  $n = 5$ , а  $p = (i, j)$  – точка, принадлежащая изображению с найденными контурами. Если число точек контура, лежащих

внутри окрестности точки  $p = (i, j)$ , больше либо равно 6, то считается, что в соответствующей точке на уменьшенном изображении проходит контур.

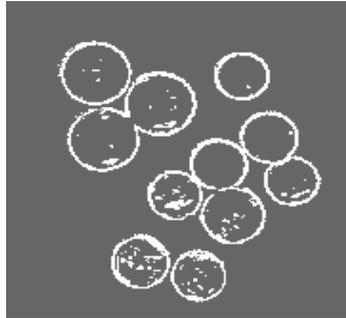


Рис. 2. Результат уменьшения изображения содержащего найденные контуры

К полученному уменьшенному изображению применяем преобразование Хафа для некоторого диапазона радиусов и выбираем наиболее подходящее значение радиуса. Чем ярче точка в центре окружности, тем более точное совпадение радиуса объекта и параметра преобразования.

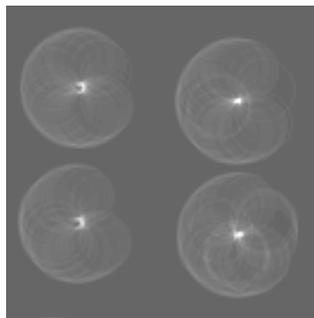


Рис. 3. Результат применения оператора Хафа для одного из значений радиуса

К моменту завершения обработки уменьшенного изображения уже можно точно назвать число объектов и назвать их приближенные характеристики (в этом случае, радиус  $r$ ). Так как для вычислений использовалось уменьшенное в четыре раза изображение, радиус  $R$  был найден неточно, но зная приближенное его значение  $r$ , можно провести дополнительный поиск по исходному полноразмерному изображению с применением оператора Хафа, используя значения радиуса в рамках  $R = 4r \pm \epsilon$ , где  $\epsilon$  подбирается в соответствии с коэффициентом масштабирования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенное алгоритмическое усовершенствование обработки изображений с помощью метода Хафа дает хорошие результаты при размерах объектов порядка 10 – 20 % от размера изображения и позволяет избежать применения оператора Хафа для всего диапазона предполагаемых радиусов-параметров на полном изображении.

Планируется дальнейшее развитие алгоритма с целью сокращения вычислительных затрат на обработку некоторых контурных точек, которые, в действительности являются ложными (шумы) или избыточными.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Грузман, И. С.* Цифровая обработка изображений в информационных системах / И. С. Грузман [и др.] учебн. пособие. Новосибирск: Изд-во. НГТУ, 2000. С. 22–27.
  2. *Братцев, С. Г.* Конфликт сложных систем / С. Г. Братцев, Ф. А. Мурзин, Б. К. Нартов, А. А. Пунтус. М.: МАИ, 1995.
  3. *Roushdy, M.* Detecting Coins with Different Radii based on Hough Transform in Noisy and Deformed Image / M. Roushdy // *GVIP Journal*, 2007, Vol. 7, № 1. P. 1–5.
-