



Электронное научное издание  
«Ученые заметки ТОГУ»  
2019, Том 10, № 2, С. 518 – 521

Свидетельство  
Эл № ФС 77-39676 от 05.05.2010  
[http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/  
ejournal@pnu.edu.ru](http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/ejournal@pnu.edu.ru)

УДК 681.323(075)

© 2019 г. **Г. И. Бахрушина**, канд. ф-м. наук  
**С. Д. Макаров**

(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)

## **ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ДЕТЕКТОРА ГРАНИЦ КЭННИ**

В статье рассматривается один из лучших алгоритмов обнаружения границ на изображении – детектор границ Кэнни. Обсуждаются вопросы программной реализации алгоритма. Приводится пример работы программы.

**Ключевые слова:** полутоновое цифровое изображение, маркирование изображения, обнаружение границ на изображении, детектор границ Кэнни, оператор Собела.

**G. I. Bahrushina, S. D. Makarov**

## **PROGRAMMING REALIZATION OF CANNY'S EDGE DETECTOR**

The article describes one of the best algorithms of edge detection on the image - Canny's edge detector. The problems of the software implementation of the algorithm are discussed. The example of the program work is presented.

**Keywords:** grey level digital image, image watermarking, image edge detection, Canny's edge detector, Sobel's operator.

**Введение.** В некоторых схемах цифрового маркирования изображений, служащих для защиты информации, для обеспечения незаметности внедрения секретной информации используются детекторы выделения границ.

Границы или края - это кривые на изображении, вдоль которых происходит резкое изменение яркости или других свойств (цвета, глубины).

Границы отражают важные особенности изображения, и поэтому целями преобразования изображения в набор кривых являются:

- выделение существенных характеристик изображения;
- сокращение объема информации для последующего анализа.

Одним из лучших детекторов выделения границ является детектор границ Кэнни.

**Детектор границ Кэнни.** Детектор был разработан в 1986 году Джоном Кэнни (John F. Canny) [1]. Он использует многоступенчатый алгоритм для обнаружения широкого спектра границ в изображениях.

Кэнни изучил математическую проблему получения фильтра, оптимального по критериям выделения, локализации и минимизации нескольких откликов одного края. Он показал, что искомый фильтр является суммой четырёх компонент, а также, что этот фильтр может быть хорошо приближен первой производной Гауссианы. Кэнни ввёл понятие подавления не максимумов (англ. Non Maximum Suppression), которое означает, что пикселями границ объявляются пиксели, в которых достигается локальный максимум градиента в направлении вектора градиента.

Хотя работа Кэнни была проведена на заре изучения и создания компьютерного зрения, детектор границ, разработанный им, до сих пор является одним из лучших детекторов. Кроме особенных частных случаев, трудно найти детектор, который бы работал существенно лучше, чем детектор Кэнни.

#### **Шаги детектора:**

- сглаживание;
- расчёт градиента изображения;
- подавление не максимумов;
- двойная пороговая фильтрация;
- трассировка области неоднозначности.

Рассмотрим каждый шаг более подробно.

**Сглаживание.** Метод определения границ Кэнни очень чувствителен к шумам, поэтому без предварительного сглаживания его применять не рекомендуется. Для подавления шума чаще всего используется фильтр Гаусса. Ядро фильтра вычисляется по следующей формуле:

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где  $\mathbf{x}, \mathbf{y}$  – положение элемента в матрице ядра;

$\sigma$  – среднеквадратическое отклонение.

Рекомендуемое значение среднеквадратического отклонения:  $\sigma = 1.4$ .

**Расчёт градиента изображения.** Границы на изображении могут иметь различные направления, поэтому алгоритм Кэнни использует четыре фильтра для выявления горизонтальных, вертикальных и диагональных границ. Воспользовавшись оператором обнаружения границ (например, оператором Собеля [2,3]), получаем значение для первой производной в горизонтальном ( $G_y$ ) и вертикальном ( $G_x$ ) направлениях, соответственно. Отсюда можно получить угол направления границы  $Q$ :

$$Q = \arctan\left(\frac{G_x}{G_y}\right), \quad (2)$$

Угол направления границы округляется до одного из четырех углов, представляющих вертикаль, горизонталь и две диагонали (например,  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  и  $135^\circ$ ).

**Подавление не максимумов.** Затем идет проверка того, достигает ли величина градиента в соответствующем направлении своего локального максимума. Таким образом, получается двоичное изображение, содержащее границы (так называемые «тонкие края»).

**Двойная пороговая фильтрация.** Фильтрация применяется для того, чтобы определить, находится или нет граница в данной точке изображения. Чем меньше порог, тем больше границ будет находиться, но тем более восприимчивым к шуму станет результат, включая лишние данные изображения. Наоборот, высокий порог может проигнорировать слабые края или получить границу фрагментами. Выделение границ Кэнни использует два порога фильтрации: если значение пикселя выше верхнего порога, то пиксель принимает максимальное значение (граница считается достоверной). Если же значение пикселя меньше нижнего порога, то пиксель подавляется. Точки со значением, попадающим в диапазон между нижним и верхним порогами, принимают фиксированное среднее значение (они уточняются на следующем этапе).

**Трассировка области неоднозначности.** Задача сводится к выделению групп пикселей, получивших на предыдущем этапе промежуточное значение, и отнесению их к границе, если они соединены с одной из установленных границ, или их подавлению в противном случае. Пиксель добавляется к группе, если он соприкасается с ней по одному из восьми направлений.

**Программная реализация алгоритма.** Алгоритм детектора границ Кэнни был реализован на алгоритмическом языке Python, в среде PyCharm.

Пример работы программы представлен на рис.1.



Рис 1. Исходное изображение и результат работы детектора границ Кэнни

### Список литературы

- [1] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, vol. PAMI-8, № 6, 1986, pp. 679 – 698.

- [2] Оператор Собеля. [Электронный ресурс]: информационный сайт – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Оператор\\_Собеля](https://ru.wikipedia.org/wiki/Оператор_Собеля) (дата обращения 21.05.2018).
- [3] Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. Пер. с англ. Вайнштейна Г.Г. и Васильковского А.М. — М.: Мир, 1976, С. 271 – 272.

*E-mail:*

*Бахрушина Г.И. – gal\_bah@mail.ru*

*Макаров С.Д. – smaka@lift.ru*