

УДК 004.421

Т.Т.Ч. Буй, В.Г. Спицын

## Анализ методов выделения краев на цифровых изображениях

Рассматриваются три метода выделения краев на цифровых изображениях: Собеля, Лапласа и математической морфологии. Результаты проведенных численных экспериментов позволили установить достоинства и недостатки применения указанных методов в обработке цифровых изображений.

**Ключевые слова:** цифровое изображение, выделение краев.

### Введение

Выделение краев играет важную роль в анализе изображений и распознавании образов при решении проблемы компьютерного зрения. Края являются точками перепада значений яркости в полутоновом изображении и поэтому важными характеристиками изображения. Эти резкие точки перехода указывают местоположения контуров объектов на изображениях. Представление краев объектов на изображении позволяет уменьшить количество данных, сохраняющих важную информацию о форме объектов в сцене. Выделение краев является наиболее используемой технологией в процессе обработки цифрового изображения. При определении границ объекта производится вычисление двумерного пространственного градиента на изображении и выявляются области, соответствующие краям. При этом происходит оценка модуля градиента в каждой точке полутонового изображения [1].

Выделение краев – термин в теории обработки изображения и компьютерного зрения, частично из области поиска объектов и выделения объектов, основывается на алгоритмах, которые выделяют точки цифрового изображения, в которых резко изменяется яркость или есть другие виды неоднородностей. Результатом выделения границ является набор связанных кривых, обозначающих границы объектов, граней и оттисков на поверхности, а также кривые, которые отображают изменения положения поверхностей. Объекты состоят из многочисленных частей различных цветных уровней. Перепад яркости – это связанное множество пикселей, лежащих на границе между двумя областями (рис. 1) [1].

Край в изображении – это существенное местное изменение в интенсивности изображения, обычно связываемое с неоднородностью в интенсивности изображения. Как правило, указанное изменение описывается первой производной, характеризующей величину градиента. Предполагаемое расположение границы объекта на изображении обычно является перпендикуляром к вектору градиента.

Неоднородности в интенсивности изображения могут быть различного вида: краем шага, где интенсивность изображения резко изменяется от одного значения до другого, или краем линии, где интенсивность изображения резко изменяет значение, а затем быстро возвращается к начальному значению. Однако края типа шага и линии редко бывают в реальном изображении из-за того, что в сигнале преобладают низкочастотные компоненты вследствие сглаживания видеодатчиком. В результате край шага становится краем ската, а край линии – краем крыши, где изменения интенсивности не мгновенны и происходят в ограниченном интервале.

### Этапы выделения краев

Выделение краев происходит за 3 этапа: фильтрация, улучшение и выделение.

**Фильтрация.** Первым шагом является фильтрация шума в исходном изображении. Случайные изменения значения интенсивности на изображении называются шумом. Наиболее распространенными типами шума являются: соль и перец, импульсный шум и гауссовский шум. Алгоритмы шумоподавления обычно специализируются на подавлении одного конкретного вида шума. Не существует пока универсальных фильтров, детектирующих и подавляющих все виды шумов.

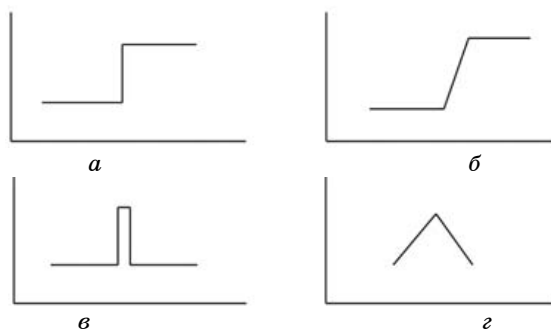


Рис. 1. Типы краев: *a* – край шага; *b* – край ската; *c* – край линии; *d* – край крыши

*Улучшение.* Чтобы облегчить обнаружение края, важно определить изменения в интенсивности в соседней точке. Улучшение подчеркивают пиксели, которые имеют существенное изменение значения интенсивности. Обычно на этом этапе происходит вычисление градиента для пикселей изображения.

*Выделение.* У многих точек изображения имеются значения градиента, отличные от нуля, и не все эти точки являются краями. Поэтому должны использоваться некоторые методы, чтобы определить, какие точки являются краями.

#### Классические методы выделения краев

Для выделения краев на цифровых изображениях использованы классические методы Собеля и Лапласа [2].

##### Метод Собеля

Идея этого метода основана в наложении на каждую точку изображения двух масок вращения. Эти маски представляют собой две ортогональные матрицы размерностью  $3 \times 3$  (рис. 2).

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad G_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

Рис. 2. Маски Собеля

Эти маски выявляют границы, расположенные вертикально и горизонтально на изображении. При раздельном наложении этих масок на изображение можно получить оценку градиента по каждому из направлений  $G_x$ ,  $G_y$ . Конечное значение градиента определяется по формуле

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}.$$

##### Метод Лапласа

В методе Лапласа осуществляется умножение каждого элемента двумерной апертуры  $3 \times 3$  на соответствующий элемент так называемой матрицы Лапласа (рис. 3):

1	1	1	0	-1	0	-1	1	1	1	1	1	1
1	-2	1	-1	4	-1	-1	-2	1	-1	-2	1	1
-1	-1	-1	0	-1	0	-1	1	1	-1	-1	1	1

Рис. 3. Матрицы Лапласа

#### Выделение краев на основе применения математической морфологии

Математическая морфология предназначена для исследования структуры некоторых множеств однотипных объектов. Любое изображение в компьютерной графике также обычно представляется в виде набора пикселей, поэтому операции математической морфологии могут быть применены и к изображению – для исследования некоторых свойств его формы и структуры, а также для его обработки [3].

##### Базовые операции

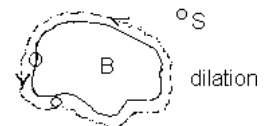
Перенос (translation) множества пикселей  $S$  на вектор  $b$  определяется как

$$S_b = \{S + b : s \in S\}.$$

Перенос  $t$  может быть определен как упорядоченная пара чисел  $(\delta x, \delta y)$ , где  $\delta x$  – движение вдоль оси  $X$ , а  $\delta y$  – движение вдоль оси  $Y$ .

Расширение (Dilation) двоичного изображения  $B$  на структурный элемент  $S$  записывается в виде  $B \oplus S$  и определяется как

$$B \oplus S = \bigcup_{b \in B} S_b.$$

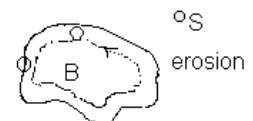


Сужение (Erosion) двоичного изображения  $B$  на структурный элемент  $S$  записывается как  $B - S$  и определяется как

$$B - S = \{b \mid b + s \in B \forall s \in S\}.$$

Сужение и расширение инвариантны относительно переноса:

$$\begin{aligned} B_b \oplus S &= B \oplus S_b; \\ B_b - S &= B - S_b; \\ B \oplus (S_1 \cup S_2) &= (B \oplus S_1) \cup (B \oplus S_2); \\ B - (S_1 \cup S_2) &= (B - S_1) \cap (B - S_2). \end{aligned}$$



#### Сравнение результатов применения различных методов выделения краев

Итогом исследования явилось создание приложения средствами C#, реализующего методы выделения краев. Это приложение обрабатывает файлы формата \*.gif размером  $256 \times 256$  пикселей. На рис. 4, 5 представлены результаты численных экспериментов по обработке изображений, а в таблице – их сравнение.

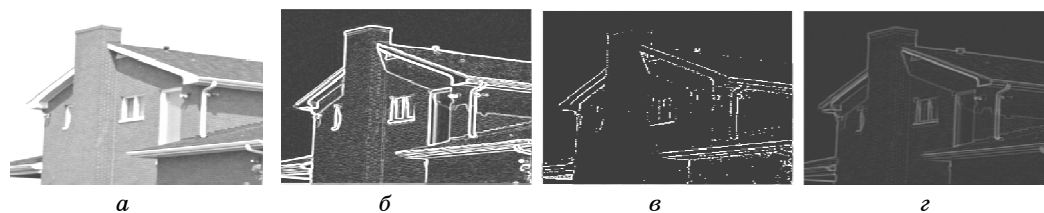


Рис. 4. Исходное изображение «House» – *a*; *б* – результат выделения краев методом Собеля; *в* – результат выделения краев методом Лапласа; *г* – результат выделения краев методом математической морфологии

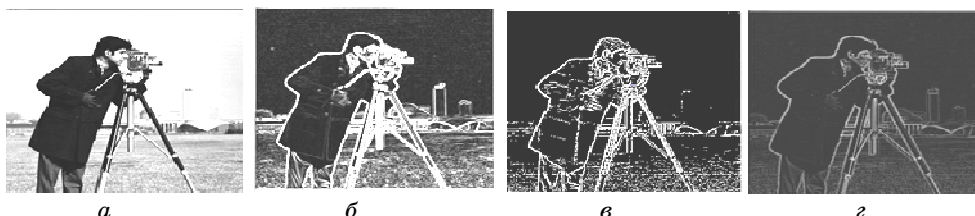


Рис. 5. Исходное изображение «CameraMan» – *a*; *б* – результат выделения краев методом Собеля; *в* – результат выделения краев методом Лапласа; *г* – результат выделения краев методом математической морфологии

#### Сравнение времени выполнения алгоритмов

Исходное изображение	Время выполнения, с		
	Собеля	Лапласа	Математическая морфология
«House»	2,4	2,57	1,12
«CameraMan»	1,77	1,9	0,84

#### Заключение

Таким образом, в данной работе проведен анализ трех методов выделения краев: Собеля, Лапласа и математической морфологии. Сравнение результатов обработки изображений указанными алгоритмами показало, что метод на основе применения математической морфологии работает быстрее, чем остальные методы. Следует отметить, что наиболее четкие границы объектов на изображении получаются при обработке на основе применения оператора Собеля.

#### Литература

1. Senthilkumaran N. A. Study on Edge Detection Methods for Image Segmentation // N. Senthilkumaran, R. Rajesh // Proceedings of the International Conference on Mathematics and Computer Science (ICMCS-2009). – 2009. – Vol. 1. – P. 255–259.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1070 с.
3. Huang C.P. An Integrated Edge Detection Method Using Mathematical Morphology / C.P. Huang, R.Z. Wang // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2006. – Vol. 16, № 3. – P. 406–412.

#### Буй Тхи Тху Чанг

Аспирант каф. вычислительной техники  
Национального исследовательского Томского политехнического университета (НИ ТПУ)  
Тел.: +7-964-090-73-23  
Эл. почта: trangbt.084@gmail.com

#### Спицын Владимир Григорьевич

Д-р техн. наук, проф. каф. вычислительной техники НИ ТПУ  
Тел.: (382-2) 41-89-12  
Эл. почта: spvg@tpu.ru

Bui T.T.T., Spitsyn V.G.

#### Analysis of methods of digital images edge detection

The Sobel, Laplace and mathematical morphology methods of digital images edge detection are considered. The modeling experiment results allow to determine the advantages and disadvantages of the methods in digital image processing.

**Keywords:** digital image, edge detection.