

**ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ: СЕТИ И ТЕХНОЛОГИИ,
АЛГЕБРАИЧЕСКОЕ КОДИРОВАНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДАННЫХ**

УДК 539.216:546.824-31

**ФОРМИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ДЕСКРИПТОРОВ ЛИНИЙ И ИХ
ИДЕНТИФИКАЦИЯ**

О.Г. ШЕВЧУК

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь**Поступила в редакцию 22 апреля 2016*

Предложен метод формирования дескриптора на основе гистограммы локальных ориентаций фрагментов выделенной линии, а также способ идентификации линий, используя предложенный метод. Проведен анализ разработанного метода при изменении яркости и контраста. Показано, что метод устойчив к изменению яркости.

Ключевые слова: детектирование линий, идентификация линий, дескриптор, гистограмма.

Введение

Основными задачами при сшивке изображений являются параметризация и идентификация ключевых объектов. В качестве ключевых объектов на изображении могут выступать: точка (пиксель), линия или сегмент изображения. Большинство методов идентификации и параметризации в качестве ключевых объектов используют точки (пиксели).

Параметризация детектированных ключевых объектов осуществляется с помощью дескрипторов. Наиболее распространенными дескрипторами являются методы, основанные на вычислении градиента яркости точки и ее окрестности, что позволяет идентифицировать области, края и углы. Такими методами являются SIFT[1], SURF[2], BRIEF[3], ORB[4], CLON[5, 6], DAISY[7] и др.

Однако данные методы неприменимы при сшивке изображений, которые имеют фрактальную или самоподобную структуру (море, пустыня, горы), а также в условиях резкой смены освещения (день и ночь), поэтому существует необходимость использования в качестве ключевых объектов выделенные линии, а в качестве дескрипторов – методы, основанные на расчете геометрических параметров детектированных линий таких изображений.

Цель работы – разработка метода формирования дескриптора на основе гистограммы локальных ориентаций фрагментов выделенной линии.

**Метод формирования дескриптора на основе построения гистограммы локальных
ориентаций фрагментов выделенной линии**

Предложенный метод формирования дескриптора на основе построения гистограммы локальных ориентаций фрагментов выделенной линии, или DLOLF (Gistograma of local orientation of line fragments), в качестве ключевых элементов использует контурные или средние линии объектов. Обрабатываемая линия имеет две концевые точки, не имеет острых углов и должна быть предварительно нормализована по толщине методами, описанными в [8]. Для каждой выделенной линии метод формирует дескрипторы путем построения гистограмм локальных ориентаций их фрагментов.

На вход метода подается изображение $I = \|i(y, x)\|_{(y=0, Y-1, x=0, X-1)}$, где $i(y, x) = 0..255$ – яркостное значение пикселя на изображении, Y, X – размеры изображения по вертикали и горизонтали. Блок-схема алгоритма представлена на рис. 1.

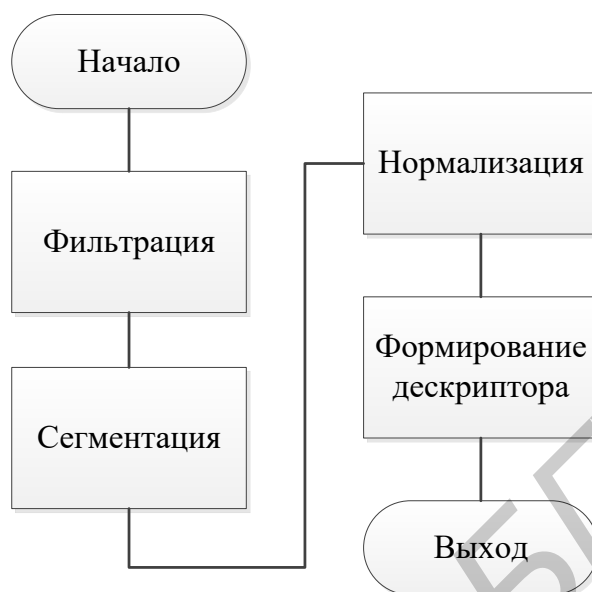


Рис. 1. Блок-схема метода DLOLF

Алгоритм работы метода состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Формирование матрицы бинарных образов $I_B = \|i_B(y, x)\|_{(y=0, Y-1, x=0, X-1)}$ для входного изображения I с помощью алгоритма контурной фильтрации Canny [9], где $i_B(y, x) = 1$ для пикселя, принадлежащего контуру, $i_B(y, x) = 0$ для фонового пикселя.

Шаг 2. Сегментация контурных линий. Каждому контурному пикселю $i_B(y, x) = 1$ присваивается номер контура, к которому он принадлежит. В результате формируется матрица контуров $S = \|s(n)\|_{n=1, N}$ и матрица количества конечных точек в каждом контуре $K = \|k(n)\|_{n=0, N}$, где $s(n)$ – координаты контурных пикселей n -го контура, представленных в виде матриц $X(n) = \|x(n, c)\|_{(c=0, C-1)}$, $Y(n) = \|y(n, c)\|_{(c=0, C-1)}$, $k(n)$ – количество конечных точек для n -го контура, N – количество найденных контуров, C – количество пикселей в n -м контуре.

Шаг 3. Нормализация выделенных контуров по толщине. Нормализация контуров осуществляется с помощью метода нормализации контурных линий по толщине [8]. В процессе нормализации из матриц координат контуров $X(n)$, $Y(n)$ удаляются пиксели, которые визуально и физически делают линию толще. В результате формируются контуры $s(n)$ толщиной в один пиксель.

Шаг 4. Анализ контуров. Сперва производится анализ конечных точек контуров $k(n)$. Если $k(n) = 2$ – принимается решение, что контур $s(n)$ является линией и осуществляется расчет форм-фактора f [10].

Шаг 5. Формирование дескриптора.

5.1. Вычисление локальных ориентаций каждого пикселя линии, кроме конечных. Локальная ориентация каждого пикселя линии, за исключением конечных точек, определяется путем установления соответствия окрестности точки линии размером 3×3 пикселя одной из 12 масок, представленных на рис. 2.

5.2. Вычисление локальной ориентации концевых точек. Для определения локальной ориентации концевых точек рассчитывается ориентация выделенной линии, используя следующее выражение:

$$O_L = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1},$$

где y_1, x_1 и y_2, x_2 – координаты концевых точек линии.

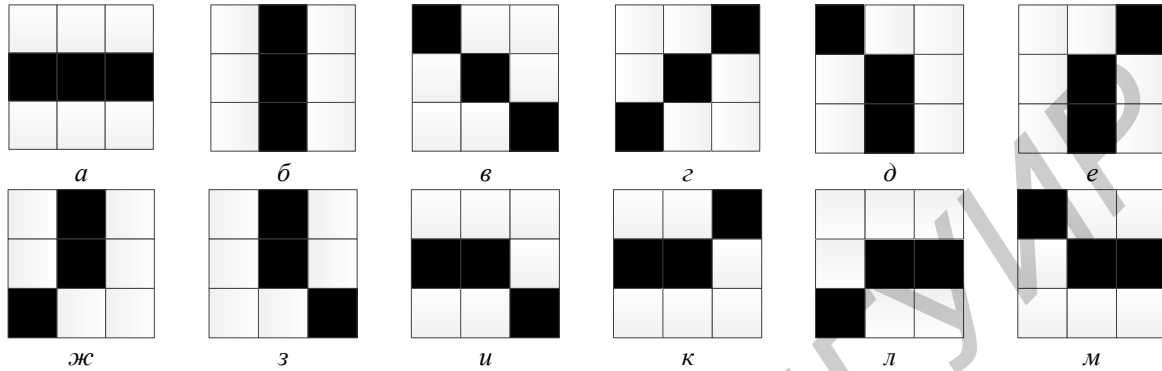


Рис. 2. Маски определения локальной ориентации пикселя: а-м – маски 1-12 соответственно

5.3. Гистограмма дескриптора формируется путем подсчета количества совпадений для каждой из масок и состоит, соответственно, из 12 элементов.

Шаг 6. Окончание алгоритма. В результате работы метода для каждой выделенной линии формируется дескриптор, состоящий из вектора, являющегося гистограммой возможных локальных ориентаций каждого пикселя ключевой линии, длиной в 12 элементов.

Идентификация линий происходит в 2 этапа.

1. Оценка разницы значения форм-фактора [10] линий Δf , используя выражение: $\Delta f \geq 0,03$, где $\Delta f = |f_1 - f_2|$ – разница форм-факторов, f_1 и f_2 – значения форм-факторов выделенных линий первого и второго изображений соответственно, вычисленных на этапе детектирования.

Зависимость изменения значения форм-фактора от угла поворота для различных линий представлена на рис. 3.

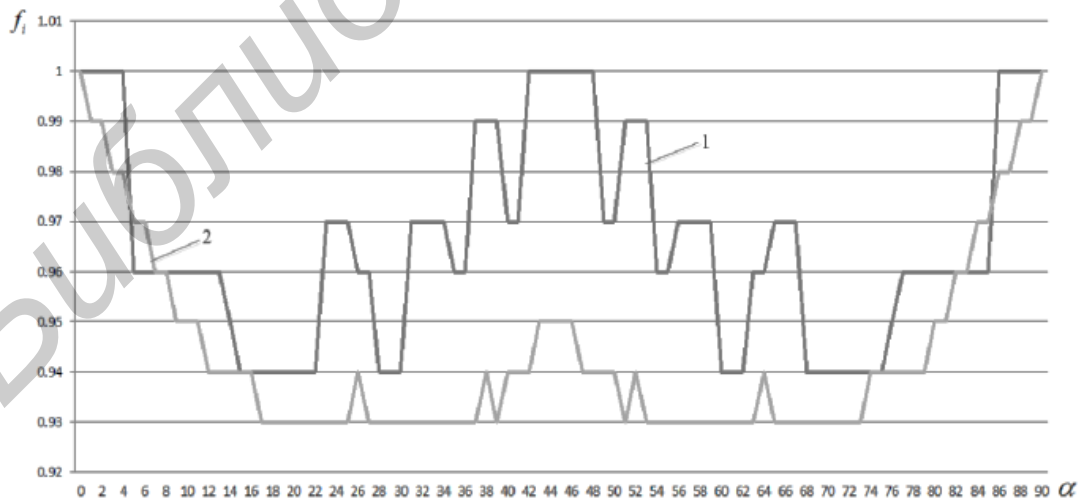


Рис. 3. значение форм-фактора в зависимости от угла поворота:

1 – выделенная линия длиной 15 пикселей; 2 – выделенная линия длиной 101 пиксель

2. Если отклонение Δf удовлетворяет заданному условию (линии похожи), то происходит оценка гистограмм локальных ориентаций (рис. 4). При совпадении этих гистограмм линии считаются соответствующими.

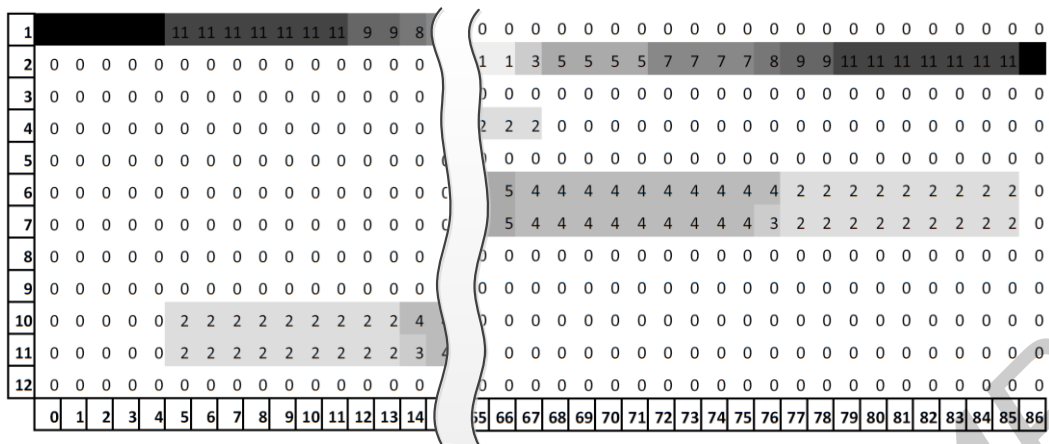


Рис. 4. Характеристика изменения гистограммы локальных ориентаций линии длиной 15 пикселей

Оценка эффективности геометрического детектора линий и их идентификации

Разработанный метод реализован на языке программирования C++ с использованием библиотеки OpenCV. Эксперимент проведен на ЭВМ со следующими техническими характеристиками: процессор – Intel(R) Core(TM) i5-2320 CPU 3,0 ГГц; ОЗУ – 4 Гб; тип системы – 64-разрядная операционная система, процессор x64; операционная система – Windows 7. Для анализа использовалось изображение размером 600×600 пикселей (рис. 5). Изображения были изменены по яркости и контрасту, используя графический редактор.



Рис. 5. Исходное тестовое изображение

Оценка стабильности детектирования линий рассчитана, используя выражение $S = \frac{k_i}{k_0} \times 100\%$, где k_0 – количество выделенных линий на исходном изображении; k_i – количество выделенных линий на измененном изображении; $i = \overline{-50..50}$ – значение контраста или яркости относительно исходного тестового изображения.

Оценка стабильности идентификации линий рассчитана при помощи выражения $S_I = \frac{d_i}{k_i} \times 100\%$, где d_i – количество идентифицированных линий на измененном изображении относительно исходного изображения; k_i – количество выделенных линий на измененном изображении; $i = \overline{-50..50}$ – значение контраста или яркости относительно исходного тестового изображения.

Оценка стабильности детектирования линий на изображении при изменении яркости и контраста представлена на рис. 6.

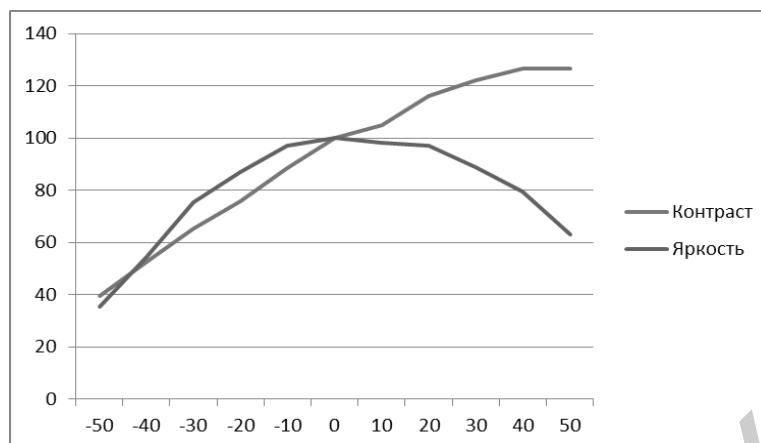


Рис. 6. График стабильности детектирования линий

Из рис. 6 видно, что при увеличении контраста количество детектированных линий увеличивается до 126 %, а при изменении яркости уменьшается до 35 %.

На рис. 7 представлена оценка стабильности идентификации линии исходного тестового изображения на измененном.

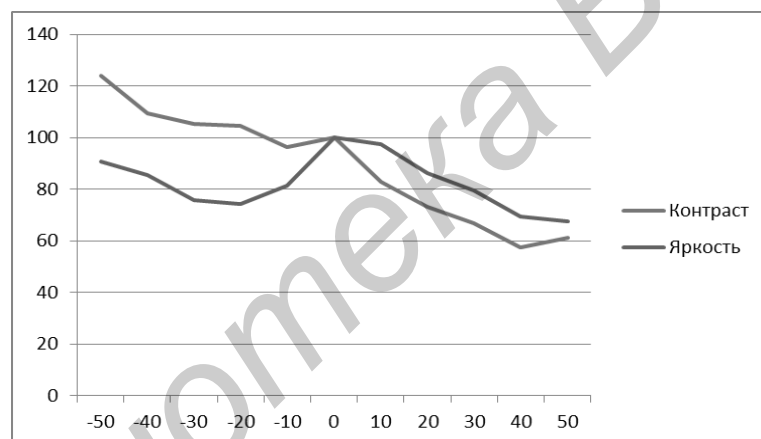


Рис. 7. График стабильности идентификации линий

Из рис. 7 видно, что предложенный метод идентификации линий стабильнее при изменении яркости, чем при изменении контраста изображения. Также стоит отметить, что при изменении контраста от -50 до -20 значение стабильности S_i превосходит 100 % – это связано с тем, что одна и та же линия на изменном изображении может соответствовать нескольким линиям на исходном. Такая ошибка детектирования связана с маленьким размером линии (до 11 пикселей) и совпадением геометрических характеристик различных линий. Такие линии нуждаются в более детальном рассмотрении: уменьшении порога форм-фактора, дополнительном сравнении ориентаций линий, уменьшении порога различия дескрипторов.

Заключение

Разработан метод формирования дескриптора на основе гистограммы локальных ориентаций фрагментов выделенной линии. Произведена оценка стабильности детектирования линий предложенным методом при изменении яркости и контраста изображения. Показано, что при увеличении контраста количество детектированных линий увеличивается до 126 %, а при изменении яркости уменьшается до 35 %. Оценка стабильности идентификации линий исходного изображения на измененном показала, что при уменьшении контраста возрастает ошибка идентификации.

FORMATION OF DESCRIPTORS LINES AND THEIR IDENTIFICATION

O.G. SHEVCHUK

Abstract

Method of forming a descriptor based on the histogram of local orientations of the fragments dedicated line, as well as methods for identifying lines using the proposed method is presented. The analysis of this method when the brightness and contrast are changing is conducted. It is shown that the method is resistant to change in brightness.

Keywords: detection line, identification line, descriptor, histogram.

Список литературы

1. *Lowe D.* // International Journal of Computer Vision. 2004. Vol. 60. №2. P. 91-110.
2. *Bay H.* // Proc. of 9th European Conference on Computer Vision. 2006. P. 404-410.
3. *Calonder M., Lepetit V., Strecha Ch. et. al* // ECCV'10 Proceedings of the 11th European conference on Computer vision: Part IV P. 778-792.
4. *Rublee E., Rabaud V., Konolige K. et. al* // In Proceedings of the International Conference on Computer Vision (CVPR'11). 2011. P. 2564-2571.
5. *Kalal Z., Matas J., Mikolajczyk K.* // ICPR'10. 2010. P. 2756-2759.
6. *Jolliffe I.T.* Principal Component Analysis. Springer, 2002.
8. *Шевчук О.Г., Кирилюк Д.И., Макейчик Е.Г. и др.* // Докл. БГУИР. 2015. №7(93). С. 51-57.
9. *Sanny J.A.* // IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence. 1986. Vol. 8. P. 679-698.
10. *Бородина О.Г., Цветков В.Ю.* // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2015. №1. С. 41-45.