



Столыпинский
вестник

Научная статья
Original article
УДК 539.3

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ФИЛЬТРОВ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

IMAGE PROCESSING BASED ON MORPHOLOGICAL TRANSFORMATION
FILTERS

Осипова Алла Леонидовна, старший преподаватель, Казанский национально
исследовательский институт – КАИ, г. Казань

Гибадуллин Аяз Азатович, бакалавр, Казанский национально
исследовательский институт – КАИ, Россия, г. Казань

Osipova Alla Leonidovna, Senior Lecturer, Kazan National Research Institute - KAI,
Kazan

Gibadullin Ayaz Azatovich, bachelor, Kazan National Research Institute - KAI,
Russia, Kazan

Аннотация: В статье рассматривается вопрос “Сравнение изображения с использованием фильтра краев”, обработки изображений на основе морфологических преобразований. Фильтры определения краев позволяют изолировать и усилить края по вертикали, по горизонтали или и по вертикали, и по горизонтали одновременно, затемняя остальную часть изображения. Представлено описание предметной области, актуальность и востребованность выбранной темы. Приведены основные существующие методы морфологической фильтрации. Разработан алгоритм фильтрации изображения.

S u m m a r y: The article deals with the issue of “Image comparison using an edge filter”, image processing based on morphological transformations. Edge detection filters allow you to isolate and enhance the edges vertically, horizontally, or both vertically and horizontally at the same time, darkening the rest of the image. The description of the subject area, the relevance and relevance of the chosen topic is presented. The main existing methods of morphological filtration are given. An image filtering algorithm has been developed.

Ключевые слова: обработка изображений, морфологические преобразования, алгоритмы фильтрации.

Keywords: image processing, morphological transformations, filtering algorithms.

Введение

Цифровая обработка изображений является интенсивно развивающийся научной областью, которая позволяет решать множество как повседневных, так и узкоспециализированных задач. Одной из таких задач является использование фильтров краев при сравнении двух изображений.

Фильтры определения краев позволяют изолировать и усилить края по вертикали, по горизонтали или и по вертикали, и по горизонтали одновременно, затемняя остальную часть изображения.

После использования фильтров нам будут доступны границы изображений. На основе полученных границ мы сможем получить данные о плотности изображений, при этом заблаговременно разделив изображения на малые равные части. Именно на основе данных о плотности и будет происходить сравнение изображений.

Методы фильтрации

Для сравнения мы будем производить выделение краев. Рассмотрим самые известные и часто используемые: методы Робертса, Превитта и Собеля.

Все указанные методы основываются на одном из базовых свойств сигнала яркости – разрывности. Наиболее общим способом поиска разрывов является обработка изображения с помощью скользящей маски, называемой также

фильтром, ядром, окном или шаблоном, которая представляет собой некую квадратную матрицу, соответствующую указанной группе пикселей исходного изображения. Элементы матрицы принято называть коэффициентами. Оперирование такой матрицей в каких-либо локальных преобразованиях называется фильтрацией или пространственной фильтрацией. Схема пространственной фильтрации иллюстрируется на рисунке ниже (рис. 1).

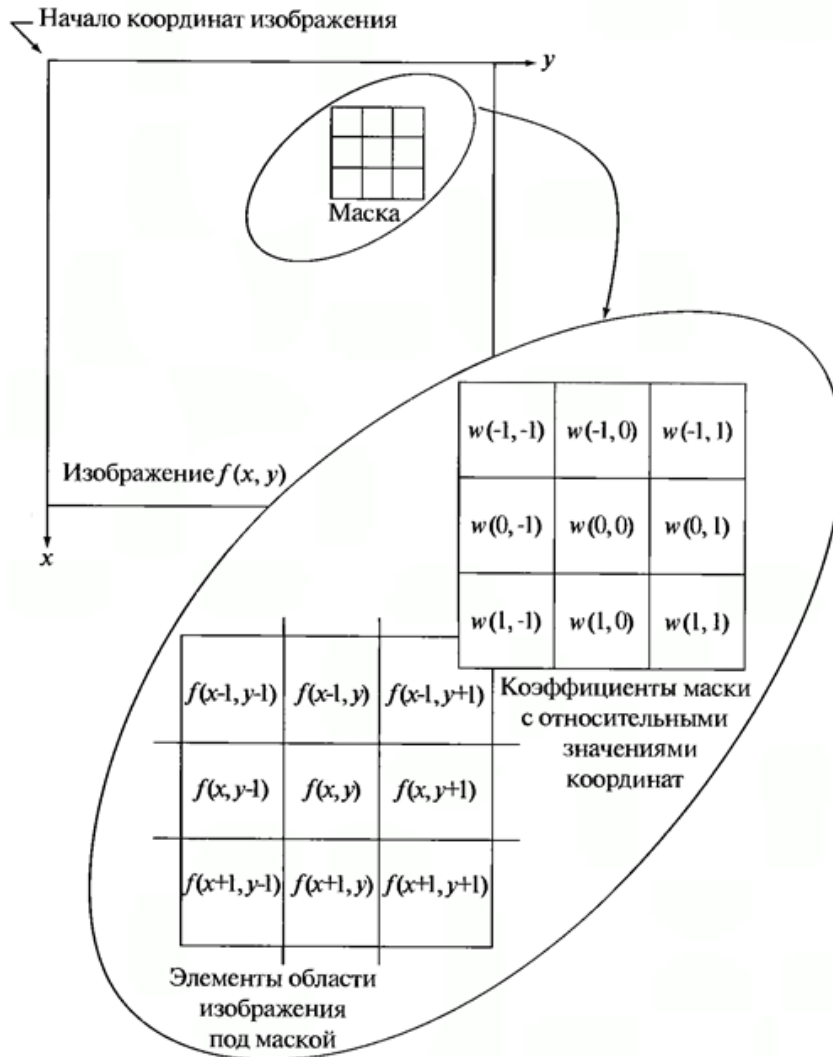


Рисунок 1 - Схема пространственной фильтрации

Процесс основан на простом перемещении маски фильтра от точки к точке изображения; в каждой точке (x, y) отклик фильтра вычисляется с использованием предварительно заданных связей. В случае линейной пространственной фильтрации отклик задается суммой произведения коэффициентов фильтра на соответствующие значения пикселей в области,

покрытой маской фильтра. Для маски 3×3 элемента, показанной на рисунке 1, результат (отклик) R линейной фильтрации в точке (x, y) изображения составит:

$$R = w(-1, -1)f(x - 1, y - 1) + w(-1, 0)f(x - 1, y) + \dots + w(0, 0)f(x, y) + \dots + w(1, 0)f(x + 1, y) + w(1, 1)f(x + 1, y + 1) \quad (1)$$

что, как видно, есть сумма произведений коэффициентов маски на значения пикселей непосредственно под маской. В частности заметим, что коэффициент $w(0, 0)$ стоит при значении $f(x, y)$, указывая тем самым, что маска центрирована в точке (x, y) .

При обнаружении перепадов яркости используются дискретные аналоги производных первого и второго порядка. Для простоты изложения будут рассмотрены одномерные производные.

Первая производная одномерной функции $f(x)$ определяется как разность значений соседних элементов:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x + 1) - f(x) \quad (2)$$

Здесь использована запись в виде частной производной для того, чтобы сохранить те же обозначения в случае двух переменных $f(x, y)$, где придется иметь дело с частными производными по двум пространственным осям. Использование частной производной не меняет существа рассмотрения. Аналогично, вторая производная определяется как разность соседних значений первой производной:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x + 1) + f(x - 1) - 2f(x) \quad (3)$$

Вычисление первой производной цифрового изображения основано на различных дискретных приближениях двумерного градиента. По определению, градиент изображения $f(x, y)$ в точке (x, y) — это вектор [2]:

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Как известно из курса математического анализа, направление вектора градиента совпадает с направлением максимальной скорости изменения функции f в точке (x,y) [2]. Важную роль при обнаружении контуров играет модуль этого вектора, который обозначается $|\nabla f|$ и равен

$$|\nabla f| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (5)$$

Эта величина равна значению максимальной скорости изменения функции f в точке (x,y) , причем максимум достигается в направлении вектора ∇f . Величину $|\nabla f|$ также часто называют градиентом.

Направление вектора градиента также является важной характеристикой. Обозначим $\alpha(x,y)$ угол между направлением вектора ∇f в точке (x,y) и осью x . Как известно из математического анализа [2],

$$\alpha(x,y) = \arctg\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (6)$$

Отсюда легко найти направление контура в точке (x,y) , которое перпендикулярно направлению вектора градиента в этой точке. А вычислить градиент изображения можно, вычислив величины частных производных $\frac{\partial f}{\partial x}$ и $\frac{\partial f}{\partial y}$ для каждой точки.

Оператор Робертса

Пусть область 3×3 , показанная на рисунке ниже (см. рис. 2), представляет собой значения яркости в окрестности некоторого элемента изображения.

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

Рисунок 2 - Окрестность 3x3 внутри изображения

Один из простейших способов нахождения первых частных производных в точке z_5 состоит в применении следующего перекрестного градиентного оператора Робертса [1]:

$$G_x = (z_9 - z_5) \tag{7}$$

и

$$G_y = (z_8 - z_6) \tag{8}$$

Эти производные могут быть реализованы путем обработки всего изображения с помощью оператора, описываемого масками на рисунке 3, используя процедуру фильтрации, описанную ранее.

-1	0	0	-1
0	1	1	0

Рисунок 3 - Маски оператора Робертса

Реализация масок размерами 2x2 не очень удобна, т.к. у них нет четко выраженного центрального элемента, что существенно отражается на результате выполнения фильтрации. Но этот «минус» порождает очень полезное свойство данного алгоритма – высокую скорость обработки изображения.

Оператор Превитта

Оператор Превитта, так же как и оператор Робертса, оперирует с областью

$$G_y = (z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7) \text{ изображения } 3 \times 3,$$

представленной на рисунке 2, только использование такой маски задается другими выражениями:

$$G_x = (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3) \quad (9)$$

В этих формулах разность между суммами по верхней и нижней строкам окрестности 3x3 является приближенным значением производной по оси x, а разность между суммами по первому и последнему столбцам этой окрестности – производной по оси y. Для реализации этих формул используется оператор, описываемый масками на рисунке 4, который называется оператором Превитта.

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

Рисунок 4 - Маски оператора Превитта

Оператор Собеля

Оператор Собеля тоже использует область изображения 3x3, отображенную на рисунке 2. Он довольно похож на оператор Превитта, а видоизменение заключается в использовании весового коэффициента 2 для средних элементов:

$$G_x = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \quad (10)$$

и

$$G_y = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \quad (11)$$

Это увеличенное значение используется для уменьшения эффекта сглаживания за счет придания большего веса средним точкам.

Маски, используемые оператором Собеля, отображены на рисунке ниже (см. рис. 5).

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

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

Рисунок 5 - Маски оператора Собеля

Рассмотренные выше маски применяются для получения составляющих градиента G_x и G_y . Для вычисления величины градиента эти составляющие необходимо использовать совместно:

$$\nabla f \approx |G_x| + |G_y| \tag{12}$$

или

$$f = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \tag{13}$$

Выбор метода обработки

В качестве входного параметра будет два изображения. Входные изображения должны быть размерами NxN.

Для решения поставленной задачи будет использоваться оператор Собеля. Данный метод является сравнительно простым.

Далее для сравнения изображения будут поделены на равные сегменты в количестве 10x10. Для этого изображения будут разделены попиксельно на 10 по вертикали и по горизонтали.

Далее происходит вычисление плотности изображения для каждого сегмента. Для этого высчитываем количество светлых пикселей и делим на общее количество в данном сегменте.

Для демонстрации пользователю различия между изображениями разницы контуров выводится в отдельное окно.

В завершении будет показан процент совпадения изображений по контурам.

Алгоритм обработки

Алгоритм решения поставленной задачи в общей форме:

1. Выбор двух исходных изображений, программа поддерживает два формата изображений JPG, PGN.
2. Проверка входных изображений на доступность чтения
3. Проверка изображений на разрешение (должны быть одинаковы)
4. Отображение входных изображений.
5. Применение к изображениям оператора Собеля
6. Разделение изображения на части в виде матрицы 10x10
7. Подсчитывание в каждом сегменте количества контурных пикселей
8. Подсчитывание в каждом сегменте общего количества пикселей
9. Подсчитывание плотности границ в каждом сегменте
10. Сравнение плотностей у 2 изображений в определенном сегменте
11. Подсчитывание количества совпадающих сегментов
12. Вывод различий в отдельное окно
13. Отображение изображений после применения оператора Собеля
14. Отображение различий контуров изображений

Заключение

В статье задача сравнения изображений с использованием в процессе фильтры краев решена при помощи использования оператора Собеля для дальнейшего сравнения изображений через плотность границ.. На основе этого разработан и реализован алгоритм решения поставленной задач.

Главным недостатком этого метода является то, что он не является универсальным для всех изображений. Эксперименты по обработке изображений доказали эффективность применения разработанного алгоритма.

Литература

1. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006
2. Kaehler A. Learning OpenCV 3 / A. Kaehler, G. Bradski – O'Reilly Media, Inc. publisher, 2017. – 1104 с.
3. Форсайт Д.А., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004.
4. Алгоритмы выделения контуров изображений – 2011, - Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/114452/>, свободный.
5. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.

Literature

1. Shapiro L., Stockman J. Computer vision. – М.: BINOM. Laboratory of Knowledge, 2006
2. Kaehler A. Learning OpenCV 3 / A. Kaehler, G. Bradski – O'Reilly Media, Inc. publisher, 2017. – 1104 p.
3. Foresight D.A., Pons J. Computer vision. A modern approach. – М.: Williams Publishing House, 2004.
4. Algorithms for the selection of image contours – 2011, - Access mode: <https://habr.com/ru/post/114452/>, free.
5. Gonzalez R. Digital image processing / R. Gonzalez, R. Woods. – М.: Technosphere, 2012. – 1104 p.

© Осипова А.Л., Гибадуллин А.А., 2022 Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №3/2022

Для цитирования: Осипова А.Л., Гибадуллин А.А. ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ФИЛЬТРОВ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ// Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №3/2022