

Ковалёв О.Ф., Козлов В.Л., Мартысевич А.Д.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЛЬТРОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТРАСТНЫХ ГРАНИЦ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КАРТ ГЛУБИНЫ ЗАДАННОЙ ОБЛАСТИ ПРОСТРАНСТВА

Белорусский государственный университет.
Минск, Республика Беларусь. O.Kovaliov@gmail.com

Приведены результаты исследования возможности использования фильтров выделения контрастных границ на основе масок Прюитт, Робертса и Собеля для повышения качества построения карт глубины заданной области пространства на основе анализа стереоизображений.

Для решения многих научных и технических задач актуальна проблема пассивного определения расстояний до объектов исследуемой области пространства. Построение карт глубины заданной области пространства на основе корреляционного анализа позволяет избежать использования множества датчиков и получить точное расстояние от камеры до объектов исследований. Однако при построении карт глубины указанным выше методом по ряду причин возникают ошибки. Это происходит, когда для одного из фрагментов на первом снимке, к примеру, может не найтись соответствия на втором снимке, или несколько фрагментов будут определены как соответствующие. Ещё одна проблема при построении карт глубины выявляется, когда одна из камер стереосистемы не видит часть изображения.

Одним из решений этих проблем является выделение контрастных границ объектов на изображении с использованием соответствующих фильтров. Для вычисления дискретных градиентов часто используют фильтры Робертса, Собеля и Прюитт. В этом случае после выделения контура объекта, отсутствующие на одном из снимков фрагменты объектов могут быть экстраполированы по имеющимся на другом снимке. Точки же внутри выделенных контуров объектов можно считать расположенными на равном расстоянии от камеры, что позволит сократить число ошибок. Для анализа возможности построения карты глубины с использованием выделения границ объектов, был проведён эксперимент, в котором исходное изображение было обработано фильтрами Робертса, Прюитт и Собеля, после чего был проведён анализ и сравнение получившихся результатов.

Методы выделения контрастных границ объектов основываются на разрывности сигнала яркости. Разрыв яркости определяется при помощи скользящей маски, которая называется фильтром, представляющим собой квадратную матрицу, соответствующую группе пикселей исходного изображения. В Таблице 1(а) представлены элементы области изображения под маской, фактически, значение яркости в точке, $f(x,y)$ – значение яркости изображения f в точке (x,y) . В таблице 1(б) коэффициенты маски с относительными значениями координат.

$f(x-1,y-1)$	$f(x-1,y)$	$f(x-1,y+1)$	$w(-1,-1)$	$w(-1,0)$	$w(-1,1)$
$f(x,y-1)$	$f(x,y)$	$f(x,y+1)$	$w(0,-1)$	$w(0,0)$	$w(0,1)$
$f(x+1,y-1)$	$f(x+1,y)$	$f(x+1,y+1)$	$w(1,-1)$	$w(1,0)$	$w(1,1)$

а)

б)

Таблица 1. Элементы области изображения под маской (а);
коэффициенты маски фильтра с относительными значениями координат (б)

Процесс фильтрации основан на перемещении маски от точки к точке изображения, после чего в точке (x,y) вычисляется отклик фильтра. Отклик задается суммой произведения коэффициентов маски на соответствующие значения пикселей в области, покрытой маской фильтра. Маски фильтров Прюитт, Робертса и Собеля представлены на рисунке 1. У оператора Собеля влияние шума угловых элементов несколько меньше, чем у оператора Прюитт,

что существенно при работе с производными. У каждой из масок сумма коэффициентов равна нулю, т. е. эти операторы будут давать нулевой отклик на областях постоянной яркости. КИХ-фильтры представляют собой маски 3x3 [1].

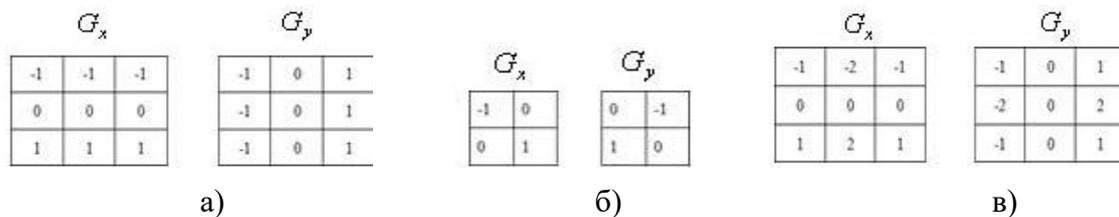


Рисунок 1 – Маски фильтров (слева направо): Прюитт, Робертса, Собеля.

Работа всех фильтров основана на поиске направления градиента функции яркости. По определению, градиент изображения $f(x,y)$ в точке (x,y) — это вектор [2]:

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Важную роль при обнаружении контуров играет модуль этого вектора, который обозначается $|\nabla f|$ и равен:

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

Эта величина равна значению максимальной скорости изменения функции f в точке (x,y) , причем максимум достигается в направлении вектора ∇f . Направление вектора градиента совпадает с направлением максимальной скорости изменения функции f в точке (x,y) [2]. Обозначим $\alpha(x,y)$ угол между направлением вектора ∇f в точке (x,y) и осью x . Как известно из математического анализа [3],

$$\alpha(x,y) = \arctg\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (3)$$

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 $\partial f/\partial x$ и $\partial f/\partial y$ для каждой точки [3].

Таким образом, фильтр вычисляет градиент яркости изображения в каждой точке. Градиентный вектор ориентирован в направлении наибольшего увеличения яркости, а его длина соответствует величине изменения яркости. Результаты проведенных исследований представлены на рисунке 2.



а)



б)



Рисунок 2 - Пример работы фильтров выделения контрастных границ: исходное изображение (а), фильтр Прюитт(б), фильтр Робертса (в), фильтр Собеля (г)

Анализируя полученные результаты фильтрации на рисунке 2, можно сделать ряд заключений. Во-первых, наименее точные результаты показал фильтр Робертса. Обработанное изображение стало занимать в два раза меньший размер памяти по сравнению с первоначальным, однако качество обработки самое низкое. Этот фильтр вычисляет сумму квадратов разниц между диагонально-смежными пикселями, используя маску размером 2×2 , где нет центрального элемента, поэтому, если граница проходит между этими пикселями, фильтр не способен определить границу. Во-вторых, фильтры Прюитт и Собеля дают большую точность определения границ, так как используют маски размером 3×3 . Более высокая точность определения границ получена с помощью фильтра Собеля, что объясняется приданием средним точкам большего статистического веса. После обработки фильтром Собеля, изображение стало занимать на треть меньше памяти в сравнение с первоначальным. Таким образом, чем меньше границ на обработанном изображении, тем меньший размер памяти будет занимать обработанное изображение и тем больше потеря информации изображения.

Таким образом, в результате проведенных исследований получено, что для повышения качества построения карт глубины по анализу стереоизображений целесообразно использование фильтра Собеля для выделения контрастных границ, так как он обладает наилучшей чувствительностью и точностью определения границ. Это позволит экстраполировать дальность до объектов, до которых принципиально невозможно определить дальность по анализу стереоизображений (объекты, невидимые на одной из изображений стереопары). Кроме того, использование указанных фильтров позволит повысить скорость построения карты глубины.

Список литературы

1. Р. Гонсалес, Р. Вудс Цифровая обработка изображений — М: Техносфера, 2005 – 1007 с.
2. Анисимов Б.В. Распознавание и цифровая обработка изображений – М.: Высш. школа, 1983 – 295 с.
3. P. Aschwanden and W. Guggenbuhl, «Experimental Results from a Comparative Study on Correlation-Type Registration Algorithms», *Robust Computer Vision*, Forstner and Ruwiedel, eds., pp. 268-289, Wickmann, 1993.