

ПОРОГОВЫЙ ФИЛЬТР ВЫДЕЛЕНИЯ КОНТУРА С ДИАГОНАЛЬНЫМ СКАНИРОВАНИЕМ ИЗОБРАЖЕНИЯ

КИРСАНОВ Михаил Николаевич-доктор физико-математических наук, профессор Национального исследовательского университета «МЭИ» (c216@ya.ru)

THE THRESHOLD FILTER SELECTION CIRCUIT WITH DIAGONAL SCANNING THE IMAGE

KIRSANOV, Mikhail - Dr. of Sci, Professor of National Research University "MPEI" (e-mail: c216@ya.ru)

Аннотация. Предлагается модификация алгоритма выделения контура изображения в системах управления движением робототехнических и транспортных систем. В дополнении к вертикальному и горизонтальному сканированию в программу вводится сканирование по диагонали изображения. Алгоритм реализован в системе компьютерной математики Maple, имеющей в своем составе специализированный пакет для работы с изображениями. Приведен пример выделения контура. Обсуждаются преимущества предлагаемого алгоритма по сравнению с фильтром Собеля и другими системами, основанными на сканировании с маской.

Ключевые слова: Maple, контур изображения, фильтр, обработка изображения.

Summary. A modification of the algorithm for extracting the contour of the image in motion control systems robotic and transport systems is suggested. In addition to the vertical and horizontal scan introduced scan on the diagonal of the image. The algorithm is implemented in the system of computer mathematics Maple, having in its composition a specialized package for working with images. An example of a selection circuit is given. Discusses the advantages of the proposed algorithm compared to the Sobel filter, and other systems based on the scanning mask.

Keywords: contour of an image, filter, image processing, Maple.

Введение. Постановка задачи

Системы навигации и управления, используемые в робототехнических устройствах в производстве, транспорте, авиации, космонавтики, в системах жизнеобеспечения механизмов (инвалидные коляски, автомобили) для лиц с ограниченными возможностями, имеют в качестве одной из важнейших своих частей органы искусственного зрения. В зависимости от типа управляемого устройства, его мощности, размеров и назначения системы навигации отличаются по своим основным характеристикам. Если устройство малогабаритно,

имеет небольшой энергетический ресурс, определяемый емкостью бортовых аккумуляторов, и при этом по своему назначению требовательно по времени отклика, то на программное обеспечение процессоров накладываются дополнительные ограничения. В частности, такие задачи возникают при решении проблем группового управления роботом с режимом обмена информацией между ними и оптимизации потоков этих обменов. Основная задача искусственного зрения состоит в восприятии картины окружающей среды (часто с учетом не только ее кинематики, но и динамики), переработке (кодирование) этой информации для использования в управлении сервоприводов и передаче команд бортовому компьютеру. Самое простое решение при этом — считывание всей информации с видеокамеры, попадающей в ее поле зрения, не всегда подходит для конкретных случаев. Во-первых, объем этой информации, как правило, велик, а полезная ее часть, содержащая те данные, которые будут использованы в управлении, мала и выделить ее из общей массы, отделив помехи, шумы и, самое главное, лишние данные в общем случае затруднительно. Во-вторых, полученная в полном объеме информация требует отдельных алгоритмов обработки. Один из вариантов решения проблемы — считывание не самого изображения, перегруженного лишними деталями, а его контура. Известны фильтры, предназначенные для этой цели. Самым известным является фильтр Собеля [1,2], основанный на дискретном дифференцировании изображения с помощью специальной матрицы – маски. Известен также вариант этого подхода Щарра [3,4], предложившего свою матрицу-маску, отличающуюся от маски Собеля другим способом заполнения матрицы маски. В [5] рассмотрен диагональный вариант маски Собеля, улучшающий в ряде задач качество выделяемого контура. Однако все варианты фильтров, основанных на сборе информации вокруг рабочей точки изображения с помощью специальной маски (независимо от ее размеров), имеют недостатки. Первый из них — шумы вокруг контура. Масочный фильтр дает не только контур, но и полутона вокруг него. При этом увеличивается и общий объем выходных данных, что весьма нежелательно, учитывая поставленную цель фильтра — сократить объем данных. Вторым недостатком — срав-

нительно малое быстроедействие, резко снижающееся с увеличением размера изображения [6-8]. Преодолеть эти недостатки был призван пороговый (безмасочный) фильтр [6]. В этом фильтре применялось горизонтальное и вертикальное сканирование бинарного изображения (интенсивность точек 0 или 1). В настоящей работе приводится усовершенствованный пороговый фильтр с дополнительным диагональным фильтром.

Алгоритм

Предлагаемый алгоритм фильтрации реализован в системе символьной математики Maple [3], содержащий специальный пакет ImageTools, предназначенный для обработки изображений. Как и фильтр [5] предлагаемый фильтр работает по принципу сканера. Исходное изображение оператором **RGBtoGray** переводится в черно-белое. Интенсивность g пикселей заменяется на 0, если $g < H$, и 1 при $g > H$. Так применяется пороговое преобразование пикселей с заранее выбранным порогом H . Значение порога подбирается в основном опытным путем. Для изображений со средней контрастностью обычно берется $H=0,5$. При уменьшении порога до 0,1 контрастность изображения увеличивается. Возможен и автоматический выбор этого параметра введением обратной связи в работу фильтра, но практика показывает, что качество при этом растет незначительно, а время работы увеличивается многократно. Сканируя построчно изображение попиксельно в одном направлении, фильтр выделяет в каждой строке границы частей изображения, заменяя внутренние его части белыми пикселями и расставляя на границах черные. Соответствующий фрагмент программы на языке Maple для прямоугольного изображения шириной w и высотой h пикселей имеет вид

```
for i to h do
  for j to w-1 do
    if imh [i,j]=0 then
      for k from j to w-1
        while(imh[i,k]=0 and imh[i,k+1]=0)
          do
            if (k<>j) then imh[i,k]:=1 fi;
          od;
        od;
      od;
    od;
  od;
od;
```

```

fi;
od:
od:

```

Здесь обозначено **imh** — матрица пикселей изображения горизонтального сканирования (рис. 1) с начальными данными, соответствующими исходному изображению. В результате работы этой части программы матрица дает соответствующий контур (рис. 2).

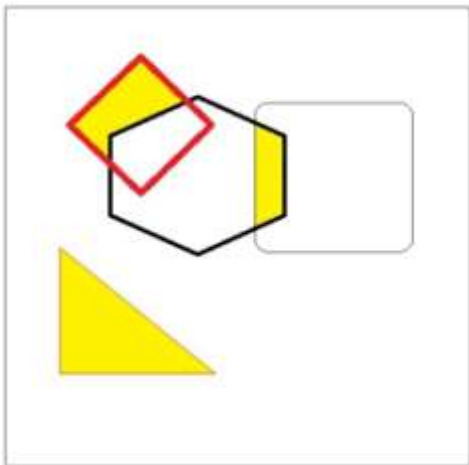


Рис. 1. Исходное изображение

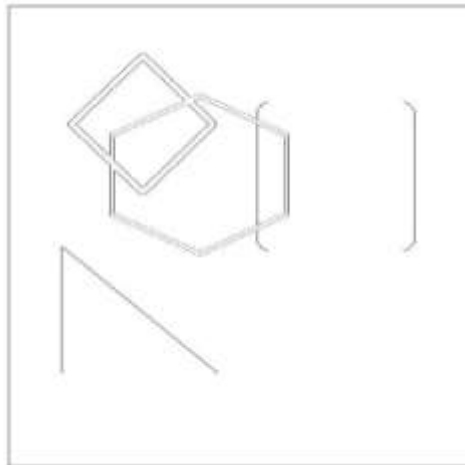


Рис. 2. Горизонтальное сканирование

Сканирование по вертикали производится аналогично:

```

for j to w do
  for i to h-1 do if imv[i,j]=0 then
    for k from i to h-1
      while(imv[k,j]=0 and imv[k+1,j]=0)
        do
          if (k<>i) then imv[k,j]:=1 fi;
        od;
      fi;
    od:
  od:
od:

```

Матрица **imv** в результате сканирования содержит контур вертикального сканирования (рис. 3). Для скругления углов и более тщательной прорисовки контура добавляем сканирование по диагонали. Здесь приходится разбивать матрицу на две части. Для части изображения на примере квадратного изображения ($w=h$) для пикселей выше побочной диагонали выполнены следующие операторы

```

for i to h do

```

```

for j to i do
  if im[i+1-j,j]=0 then
    for k from j to i-1
      while(im[i+1-k,k]=0 and im[i-k,k+1]=0)
        do
          if (k<>j) then im[i+1-k,k]:=1 fi;
        od;
      fi;
    od;
  od;
od:

```

Все три результата затем складываются. В системе Maple это выполняется перемножением интенсивностей пикселей. В результате имеем следующее контурное представление исходного изображения (рис. 4)

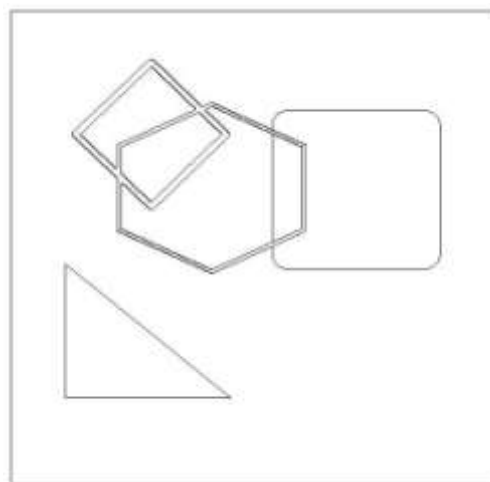
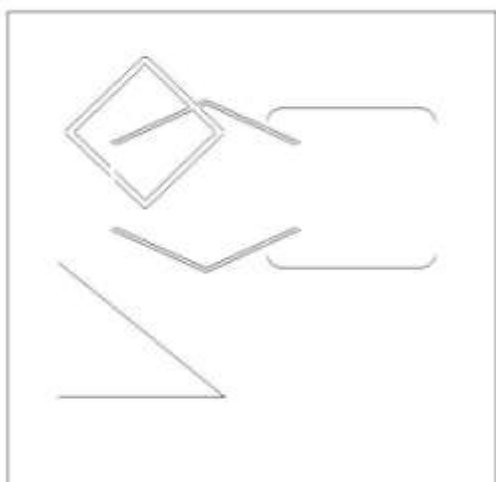


Рис. 3. Горизонтальное сканирование

Рис. 4. Результат трех сканирований

Сравнивая рисунки 2 – 4, убеждаемся, что каждое из направлений сканирования успешно справляется со своей задачей, но пропускает контуры на других направлениях. Суммарный же результат свободен от всех недостатков и при этом максимально точно (до одного пикселя) дает контур. Фильтр Собеля для этого примера выделяет слегка размытый контур. Несколько лучший результат дает применение масок Щара и усовершенствованная маска Собеля с диагональным сбором информации [5].

Выводы

Предлагаемый алгоритм прост в реализации, имеет большую скорость работы и наибольшее для контурных фильтров качество изображения. Применен-

ная здесь система Maple и язык программирования могут быть заменены более простыми и распространенными языками и пакетами. Вполне допустимо программирование на языке C с использованием известных пакетов считывания и обработки изображений. Формат изображений допустим любой. В настоящей работе использовались форматы jpg, tif, bmp, совместимые с Maple. Полученный результат (контур) может быть идентифицирован далее сетью Хопфилда. Информация в виде контуров изображений компактно передается в управляющие органы устройств и может быть использована при обмене данными в группе роботов при формировании коллективной работы и оптимизации маршрутов движения [9-11].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-01-00429.

Список литературы

1. Kanopoulos N., Nagesh V., Baker R. L. Design of an image edge detection filter using the Sobel operator // Solid-State Circuits, IEEE Journal. 1988. V. 23. №. 2. P. 358 – 367.
2. Topal C. , Akinlar C. Edge drawing: a combined real-time edge and segment detector // Journal of Visual Communication and Image Representation. — 2012. V. 23. №. 6. P. 862–872.
3. Jähne B., Haussecker H., Geissler P. (ed.). Handbook of computer vision and applications. – San Diego : Academic Press, 1999. – V. 2. – P. 423-450.
4. Кирсанов М. Н. Maple и MapleT. Решения задач механики. СПб.: Изд-во Лань, 2012. — 512 с.
5. Кирсанов М.Н. Модификация и анализ фильтров выделения контуров изображений// Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова 2015. № 5 (33). С. 201-206.
6. Kirsanov A. , Vavilin A. , Jo K-H. Processing Contours // Proceedings. The 5th International Forum on Strategic Technology. Oct. 13-15. — 2010, Ulsan, Korea. IFOST.
7. Груничев А.В., Демкин Д.В., Кирсанов М.Н. Детектирование границ объекта методом пороговой фильтрации карты насыщенности цветного изображения // Инновационные технологии: Материалы международной научно-практической конференции. Том 2./Гл. ред. С.У. Увайсов - М.:МИЭМ НИУ ВШЭ, — 2013. — С. 183-187.

8. Казьмирук И.Ю., Кирсанов М.Н. Анализ работы модифицированного фильтра Собеля с маской 5 x 5 //Научный альманах. 2016. N11-2(25) . С. 131-134. DOI: 10.17117/na.2016.11.02.131
9. Нырков А.П., Соколов С.С., Шнуренко А.А. Автоматизированное управление транспортными системами/ Санкт-Петербург, 2013.
- 10.Кузнецов В.Н., Матвеев А.А., Нырков А.П. Алгоритм построения вектора признаков при распознавании судов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. № 3 (31). С. 187-192.
- 11.Александров В.А., Кобрин А.И. Аппаратно-программный комплекс для моделирования задач группового управления мобильными роботами // Вестник МЭИ. 2011. №3. С. 88-95.