

УДК 519.67 + 681.5

И.В. Рубан, К.С. Смеляков, О.В. Шитова

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба

КРИТЕРИИ ПОСТРОЕНИЯ СВЯЗНЫХ ГРАНИЦ ИЗОБРАЖЕНИЙ

С целью повышения вычислительной эффективности и адекватности построения связанных границ изображений в работе предложен ряд критериев, которые могут настраиваться на топологическую структуру изображений объектов, учитывать их контекст, а также существование разрывов границы, применение которых на практике позволяет адекватно объединять пик сели и фрагменты в связанные компоненты границы изображения.

эффективность и адекватность построения связанных границ изображений

Введение

Постановка проблемы. Решение задачи сегментации границ изображений основано на обнаружении пикселей границы с последующим их объединением в связную компоненту границы [1 – 4].

Сегментация пикселей границы производится, как правило, по контрастности [3, 5], хотя возможны и иные подходы, например, на основе использования БПФ, вейвлетов, гистограммного подхода [4, 6]. При этом на фоне огромного внимания, уделяемого детекторам пикселей границы, практически не уде-

ляется внимания критериям объединения сегментированных пикселей в связную компоненту границы.

В большинстве случаев для решения второй задачи используется лишь свойство связности сегментированных пикселей [3, 4, 7]. Однако даже в тривиальной ситуации одного контрастного изображения объекта на однородном фоне после сегментации пикселей границы получаем две связные границы – одну для объекта, а вторую для фона, расположенные параллельно друг другу, как берега речки [8]; при этом границу фон-объект необходимо отфильтровать. Кроме этого фон может быть неоднородным, а граница может иметь разрывы. В ситуации наличия разрывов границы необходимо вначале построить связные ее фрагменты, а затем объединить их в компоненту границы.

В работах [8, 9] был сделан акцент на необходимости рассмотрения критериев построения связных компонент границы в качестве отдельной темы, с учетом основных свойств изображений, контекста изображений, а также особенностей получаемых результатов сегментации, поскольку в реальных условиях одной связности для получения связной границы изображения с приемлемой точностью недостаточно. Конкретно речь идет о необходимости учета ситуаций: не односвязности объекта (точечные и линейные объекты в работе не рассматриваются); неоднородности фона в окрестности границы; связности параллельных границ объект-фон и фон-объект; наличия разрывов границы.

Таким образом, **задача данной работы** состоит в том, чтобы описать систему критериев для адекватного объединения сегментированных пикселей в связную компоненту границы с учетом описанных выше особенностей топологии объекта, контекста и результатов сегментации.

Критерии построения связных границ изображений

После сегментации пикселей границы из них требуется составить связную границу.

Индикаторный критерий. После пороговой сегментации пикселей границы по контрастности (или иным способом [5]), результаты сегментации представляются двумя связными множествами контрастных пикселей: границы изображения с фоном и границы фона с изображением, которые, как берега речки, идут параллельно друг другу (рис. 1) [8].

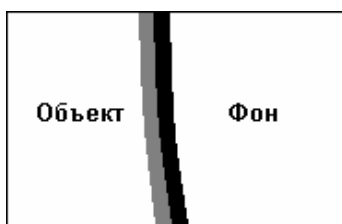


Рис. 1. Параллельные границы объекта и фона [8]

Для исключения контрастных пикселей фона предлагается использовать *индикаторную (знаковую) функцию*, заданную для пикселей маски d_i относительно ее центра – анализируемого пикселя d , которая принимает значения 1 (-1) для контрастных разностей яркостей: $\text{sign}(f(d) - f(d_i))$, и 0 – для неконтрастных (рис. 2).

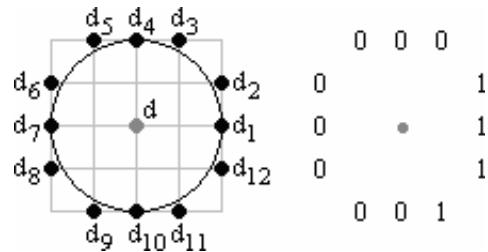


Рис. 2. Положение пикселей маски (•) и спектр контрастности анализируемого пикселя d (•) более светлого объекта на более темном фоне

Матрица $N(d)$ значений индикаторной функции для пикселя d представляет собой его спектр контрастности. При этом наличие в спектре нулей – индикатор пикселей внутренности, а единиц – пикселей фона.

Индикаторный критерий вводится на основе индикаторной функции; он относит контрастный пиксель к множеству граничных пикселей объекта, если его спектр имеет заданный тип:

$$S^1 = \{-1, 0\}, S^2 = \{0, 1\}.$$

Направленный критерий. Идеи и предложения по использованию направлений перепадов яркости (в виде вектора в плоскости изображения, отвечающего направлению наиболее контрастного перепада яркости в пикселе) были высказаны еще при конструировании первых направленных масок [3].

Оценивание направления перепада яркости является естественным в ходе кругового сканирования окрестности анализируемого пикселя на основе применения маски (рис. 3, а). При этом направление перепада яркости в рассматриваемом пикселе – усреднение направлений связных и однотипных по знаку (+1 / -1) контрастных перепадов яркости (рис. 3, б).

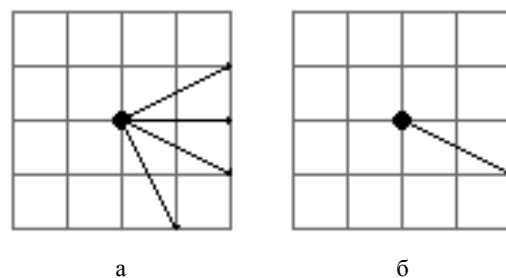


Рис. 3. Спектр контрастных перепадов яркости в сторону фона (а) и их среднее направление (б) по спектру, приведенному на рис. 2

Вектор перепада яркости является инвариантом к знаку перепада яркости, определяемому индикаторной функцией, и ориентирован изнутри наружу. Направленный критерий определяет возможность объединения пикселей границы, если угол α между векторами их контрастных перепадов яркости не превышает заданного предельного значения α_{\max} .

Благодаря использованию направленного критерия возможно адекватное получение связной границы для не односвязных объектов с неоднозначным типом спектра контрастности, и в условиях неоднородного фона, когда в окрестности границы изображения содержатся участки фона с яркостью большей и меньшей яркости анализируемого объекта.

При этом важно отметить, что возможности предлагаемого направленного критерия определяются использованием вектора, ориентированного в сторону фона, а не направления вдоль границы, как это предлагалось при использовании ряда направленных масок и детекторов [3].

В ситуации наличия локальных разрывов границы, после получения ее связных фрагментов, оба критерия точно так же находят себе применения для целей объединения этих фрагментов в компоненты границы.

Кроме того, для преодоления локальных разрывов границы могут использоваться следующие критерии.

Пороговый критерий. Этот критерий обычно используется для сегментации пикселей границы по контрастности. Однако при этом он может использоваться и для целей объединения несвязных фрагментов границы (для преодоления локальных разрывов границы): фрагменты границы могут быть объединены, если они взаимно неконтрастны [8, 9].

Метрический критерий. Этот критерий накладывает ограничения на расстояние r между фрагментами границы, которые потенциально могут проверяться на возможность объединения [9].

Аппроксимационный критерий. Для объектов регулярного вида (форма которых известна с точностью до параметров) для целей объединения фрагментов в связную компоненту границы может использоваться подход, состоящий в том, чтобы аппроксимировать фрагменты границы и произвести объединение тех из них, которые удалены от аппроксиманта на расстояние не выше заданного [9].

Выводы

Настройка и использование предложенных в работе взаимодополняющих критериев, построенных с учетом основных топологических свойств изображений, их контекста, а также особенностей получаемых результатов сегментации позволяет адекватно объединять сегментированные пиксели и несвязные фрагменты в компоненту границы изображения.

При этом для изображений с разрывными границами такое объединение фрагментов границы в одну компоненту существенно облегчает и ускоряет решение последующих задач устранения разрывов границы.

Список литературы

1. Gonzalez R., Woods R. *Digital Image Processing. Second Edition.* – Prentice Hall, 2002. – 793 p.
2. Chen C.H., Pau L.F., Wang P.S.P. *Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision.* – London (UK): World Scientific Publishing Company, 1993. – 984 p.
3. Sonka M., Hlavak V., Boyle R. *Image processing, analysis, and machine vision.* – California (USA): Cole Publishing Company, 1999. – 770 p.
4. Фурман Я.А. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов / Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.К. Передерев, А.А. Роженцов, Р.Г. Хафизов, И.Л. Егошина, А.Н. Леухин; Под ред. Я.А. Фурмана. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.
5. Семенов С.И. Теория неадаптивных масок для обработки изображений // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2002. – № 12. – С. 33-40.
6. Полякова М.В., Крылов В.Н. Контурная сегментация изображений корреляционно-экстремальным методом в пространстве репангулярного вейвлет-преобразования // Оптико-электронні інформаційно-енергетичні технології. – 2006. – № 1 (11). – С. 26-34.
7. Форсайт Д., Понс Ж. *Компьютерное зрение. Современный подход: Пер. с англ.* – М.: ВИЛЬЯМС, 2004. – 928 с.
8. Ruban I.V., Smelyakov K.S., Smelyakova A.S., Tymochko A.I. *Low Contrast Images Edge Detector // EWDТW 06.* – Kharkov: Kharkov National University of Radioelectronics (Sohci, Russia, September 15-19, 2006), 2006. – P. 390-396.
9. Смеляков К.С. *Модели и методы сегментации границ изображений нерегулярного вида на основе адаптивных масок: Дис. ... канд. техн. наук: 09.03.05.* – Х., 2005. – 162 с.

Поступила в редколлегию 18.01.2007

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. С.В. Смеляков, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожуба, Харьков.