

УДК 519.67 + 681.5

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

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба

СЕГМЕНТАЦИЯ ГРАНИЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПОВ КРАТНОМАСШТАБНОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

В работе рассматривается применение основных принципов кратномасштабного анализа для целей повышения вычислительной эффективности и качества решения задач сегментации границ контрастных и слабоконтрастных изображений.

кратномасштабный анализ, граница, контрастность

Постановка проблемы

Теория кратномасштабного анализа (КМА) изображений сводит воедино методы из разных областей, таких, как субполосное кодирование из теории обработки сигналов, квадратурную зеркальную фильтрацию из теории распознавания речи и пирамидальную обработку изображений. Как следует из названия КМА – это теория, которая имеет дело с представлением и анализом сигналов (изображений) в различных масштабах, т.е. при различных разрешениях (рис. 1). Следует иметь в виду, что в действительности разные масштабы, о которых идет речь, являются кратными по отношению друг к другу, т.е. связаны целой степенью масштабного коэффициента, который в большинстве случаев равен числу 2. Преимущество КМА очевидно – характерные детали, которые могут оставаться незаметными при одном разрешении, легко могут быть обнаружены при другом. Хотя до конца 1980-ых годов интерес научного сообщества к КМА был весьма ограниченным, в настоящее время уже трудно уследить за всеми публикациями, посвященными данному вопросу [1].

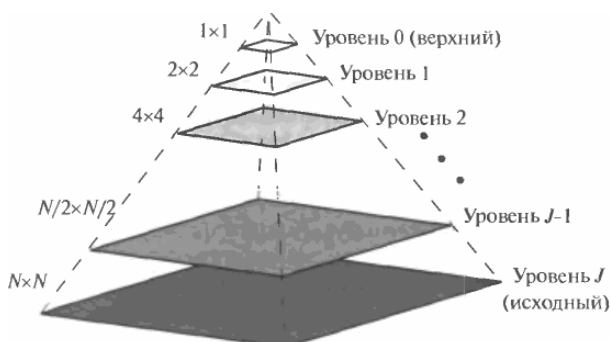


Рис. 1. Структура пирамиды изображения [1]

На фоне внимания к КМА в задачах обработки сигналов, кодирования, сжатия и ряде иных, применению КМА для целей решения задач сегментации и распознавания изображений в настоящее время не уделяется должного внимания [1 – 5]. В задачах об-

работки изображений один из важнейших мотивов рассмотрения КМА – возможность анализа объектов с уменьшением масштаба изображения, которое приводит к уменьшению зашумления, увеличению контрастности изображения, а также к росту вычислительной эффективности сегментации.

Задача данной статьи состоит в том, чтобы на содержательном уровне описать основные принципы применения КМА для целей повышения вычислительной эффективности и качества решения задач сегментации границ контрастных и слабоконтрастных изображений.

Заметим, что использование принципов КМА не применимо, если речь идет об анализе малоразмерных изображений [4, 6], поскольку фактически речь идет о рассмотрении исходного изображения и его производных с меньшим масштабом (увеличение масштаба исходного изображения не производится).

1. Сегментация границ контрастных изображений

Стандартный и широко используемый в настоящее время подход к сегментации границ контрастного изображения состоит в том, чтобы локализовать и затем проследить контур изображения. Суть первой задачи состоит в том, чтобы построчным сканированием найти граничный пиксель изображения. Начиная с этого найденного (стартового) пикселя производится прослеживание границы изображения [2, 3]. Для высоко контрастных изображений применение метода прослеживания контура дает приемлемые по точности результаты. Однако необходимо помнить, что результаты сегментации всегда характеризуется погрешностями и чем выше уровень зашумления и ниже уровень контрастности изображения, тем выше эти погрешности. Они могут проявляться в виде утолщения границы, появления ветвей границы [3, 7] и петель. Применение к такой границе методов прослеживания контуров

приводит к сегментации внешней части контура, представляемого пикселями границы и ее ветвей, т.е. к сегментации не истинной границы (рис. 2). Для устранения этого недостатка целесообразно вначале выделить все пиксели границы изображения, связать их в компоненту границы (например, на основе применения волнового принципа сканирования), а затем применить к такой границе процедуры утоньшения и сглаживания, а уже затем методы прослеживания контура; иной путь – аппроксимация границы изображения.

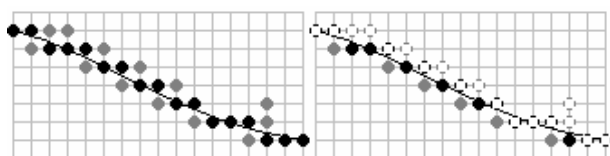


Рис. 2. Ветви границы:

- граница объекта, ● – положение границы объекта на дискретном поле цифрового снимка,
- – погрешности сегментации границы,
- – граница после прослеживания контура

Что касается принципов КМА, то для сегментации контрастных изображений они могут применяться в следующих ситуациях.

Ситуация 1. Если для получения границы используются методы аппроксимации, то в большинстве случаев всю границу получать не требуется. Поэтому предварительно сегментации входное изображение может быть уменьшено с заданным коэффициентом масштаба k ; на уменьшенном изображении находится граница; после этого производится нанесение полученных граничных пикселей на исходное изображение и аппроксимация границы изображения.

Ситуация 2. Если перед нами стоит цель обнаружения объекта, тогда, так же как и в ситуации 1, может быть применен подход, с сегментацией границы уменьшенного изображения, причем, без перехода к исходному изображению.

В обеих ситуациях по порядку величины получаем снижение трудоемкости сегментации границы в k^2 раз.

Кроме этого, уменьшение масштаба изображения приводит к уменьшению уровня зашумления и увеличению уровня контрастности изображения, а это, в свою очередь приводит к ослаблению требований к возможностям используемого граничного детектора, а более простой детектор менее трудоемкий в использовании.

Все описанные факторы снижения трудоемкости сегментации приобретают особую актуальность в задачах обработки крупных изображений с линейными размерами, составляющими несколько тысяч пикселей, когда требуется обеспечивать сегмента-

цию, распознавание и прикладной анализ объектов по их изображениям в реальном масштабе времени.

Все описанные аспекты снижения трудоемкости сегментации справедливы как для контрастных изображений, так и для слабоконтрастных изображений, рассматриваемых в следующих двух разделах.

2. Сегментация границ изображений с локальными разрывами

В отличие от случая контрастных изображений применение принципов КМА для сегментации изображений с локальными разрывами границы приобретает особую актуальность, причем, как с теоретической, так и с практической точки зрения. Уменьшение масштаба исходного изображения приводит к затягиванию локальных разрывов. Кроме этого, (из-за уменьшения уровня зашумления и увеличения контрастности изображения) уменьшение масштаба изображения может приводить к сегментации новых пикселей границы в зонах разрывов. В итоге приходим к ситуации контрастного изображения, т.е. к связности границы изображения в уменьшенном масштабе (рис. 3). При этом если необходимо получить границу изображения в исходном масштабе (после масштабирования границы уменьшенного изображения): для объектов регулярного вида может применяться аппроксимация границы; для объектов нерегулярного вида – плавное увеличение масштаба с применением процедуры устранения разрывов в один пиксель [3], которая с практической точки зрения не приводит к значимым искажениям границы.

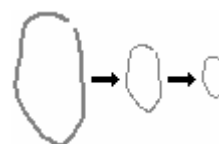


Рис. 3. Затягивание локальных разрывов

3. Сегментация границ изображений с региональными разрывами

Если разрывы границы в результате уменьшения масштаба не возможно полностью устранить, то невозможно и применить процедуру прослеживания контура. В этом случае (в ходе сегментации пикселей границы) требуется просканировать все исходное изображение. В этом случае уменьшение масштаба изображения в k раз приводит к снижению трудоемкости сегментации в k^2 раз по порядку величины.

Для изображений с региональными разрывами уменьшение масштаба исходного изображения для сегментации новых пикселей границы в зонах разрывов (из-за уменьшения уровня зашумления и увеличения контрастности изображения) является чрез-

вычайно важным шагом. Если для объектов регулярного вида (форма границы которых известна) наличие даже довольно крупных разрывов может быть скомпенсировано применением методов аппроксимации границы, то для объектов нерегулярного вида (форма границы неизвестна) это не так.

По большому счету все методы устранения разрывов для объектов нерегулярного вида носят не полностью формальный характер. Поэтому сегментация даже нескольких пикселей границы в зоне разрыва – это большая удача, особенно, если эти пиксели равномерно покрывают разрыв. Сокращенные после уменьшения масштаба и сегментации более контрастных пикселей границы разрывы намного проще устранить и с большей адекватностью.

При этом для целей восстановления разрывов границы для объекта нерегулярного вида может быть реализован следующий подход. После получения фрагментов границы и нахождения разрыва реализуется поворот системы координат (СК), аппроксимация разрыва (сплайном), обратный поворот и восстановление границы (рис. 4).

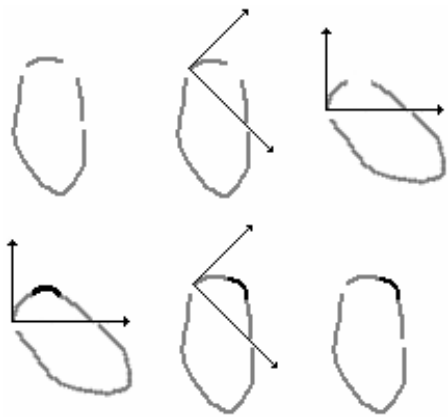


Рис. 4. Этапы аппроксимации регионального разрыва границы

Поворот СК при этом производится для целей ухода от двумерной аппроксимации к одномерной, а определение класса аппроксиманта (и оценивание величины погрешности в зависимости от протяженности разрыва) производится на этапе настройки на объекты определенного в смысле приложений класса. Заметим, что в условиях, когда поворот СК (для не гладких фрагментов границы) не дает функцию, процедуру поворота СК необходимо заменить построением векторной развертки границы изображения [1, 3].

Выводы

В результате выполнения работы описаны пути применения основных принципов КМА для целей сегментации границ изображений в различных условиях контрастности. При этом пути повышения вычислительной эффективности и обеспечения адекватности сегментации границ слабоконтрастных изображений описаны системно: в зависимости от условий контрастности изображений, их формы, а также применяемых процедур постобработки (аппроксимация). Внедрение описанных подходов к сегментации изображений с учетом принципов КМА с практической точки зрения позволяет с одной стороны для крупных изображений добиться решения задач сегментации границ в реальном масштабе времени, а с другой – добиться решения задач сегментации границ слабоконтрастных изображений с высоким уровнем качества.

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): Word 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. Передреев, 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. Форсайт Д., Понс Ж. *Компьютерное зрение. Современный подход: Пер. с англ.* – М.: ВИЛЬЯМС, 2004. – 928 с.
6. Smelyakov K.S., Ruban I.V., Smelyakov S.V., Tymochko A.I. *Segmentation of Small-sized Irregular Images // EWDITW 06.* – Kharkov: Kharkov National University of Radioelectronics (Odessa, Ukraine, September 15-19, 2005), 2005. – P. 235-241.
7. Смеляков К.С. *Модели и методы сегментации границ изображений нерегулярного вида на основе адаптивных масок: Дисс. ... канд. техн. наук: 09.03.05.* – Харьков, 2005. – 162 с.

Поступила в редколлегию 12.01.2007

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