

**А.А. ФОМИН, Е.В. ПУГИН,
Д.Ю. ПАЖИН**
**Алгоритм анализа признаков
описания формы изображений на
основе их многомасштабного
представления**

УДК 004.932

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
«Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
г. Муром

Во многих практических задачах анализа изображений возникает задача сравнения двух объектов [1-4]. Подобные задачи часто решаются путем сравнения признаков описания формы объектов β_i изображений, например, контуров или скелетов. Очевидно, что для двух идентичных объектов их структурные признаки, выделенные на разных изображениях, могут различаться (рис. 1), что обусловлено многими причинами, например, разным уровнем шума, углом поворота или размерами объектов на изображениях и др. [5].

Следует отметить, что значимые детали контуров, и скелетов, описывающие форму объектов, сохраняются. При этом, основные различия двух признаков проявляются в наличии неважных или несущественных деталей, таких как шум, единичные выбросы и т.п., а также в различии геометрических характеристик двух линейчатых объектов или их составных частей (ветвей скелетов, сегментов контуров и т.д.), например, периметров. Тогда для повышения вероятности распознавания двух объектов путем сравнения признаков описания их формы необходимо представление этих признаков в таком виде, при котором сохраняются значимые детали контуров или скелетов и отсутствует шумовая составляющая [6].

Возможным вариантом решения этой задачи является использование алгоритма к многомасштабной фильтрации кривых, позволяющего представить контур или скелет в виде многомасштабной аппроксимации с произвольной степенью сглаженности δ . Подобное представление позволяет избавиться от шумовой составляющей и повысить точность определения меры близости двух контуров [7].

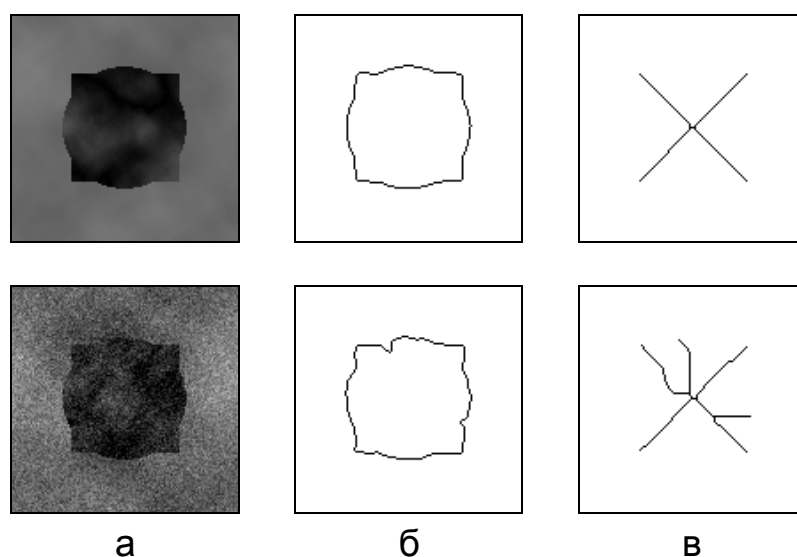


Рис. 1. Различия изображений:
а – исходные изображения; различия: б – контуров; в – скелетов

Исходя из вышесказанного, предлагается алгоритм анализа признаков описания формы изображений на основе их многомасштабного представления.

Пусть имеется изображение $f[n, m]$ некоторого объекта β_i , для которого возможно построение контура Γ_i (рис. 2.а). Пусть также имеется некоторый эталонный контур Γ_{et} (рис. 2.б) объекта β_{et} , с которым необходимо сравнить анализируемый контур Γ_i и сделать вывод об идентичности двух объектов β_i и β_{et} , описанных соответствующими контурами.



Рис. 2. Контуров объектов: а – анализируемый Γ_i ; б – эталонный Γ_{et}

Для сравнения двух контуров Γ_i и Γ_{et} предлагается использовать их представление в виде $\Gamma = (\gamma^n[k], \gamma^m[k], \gamma^z[k])$. Подобное представление позволяет рассчитать меру близости пар сигналов для оценки

соответствия двух контуров. Другими словами, определяя, например, коэффициент корреляции между соответствующими составляющими $\gamma^X[k]$ как

$$Cr(\gamma_i^X[k], \gamma_{et}^X[k]) = \frac{\sum_k (\gamma_i^X[k] - \bar{\gamma}_i^X) \cdot (\gamma_{et}^X[k] - \bar{\gamma}_{et}^X)}{\sqrt{\sum_k (\gamma_i^X[k] - \bar{\gamma}_i^X)^2} \cdot \sqrt{\sum_k (\gamma_{et}^X[k] - \bar{\gamma}_{et}^X)^2}}, \quad (1)$$

где $\bar{\gamma}^X$ – среднее значение сигнала $\gamma^X[k]$, можно установить идентичность двух контуров по стремлению коэффициентов корреляции к единице.

Очевидно, что если исходное изображение $f[n, m]$ зашумлено, то в результате выделенный контур Γ_i объекта также будет подвержен воздействию шума, который будет проявляться во всех составляющих γ_i^X контура (рис. 3). Тогда, на первом этапе работы алгоритма необходимо выполнить фильтрацию контура Γ_i , чтобы исключить влияние шумовой составляющей сигналов γ_i^X , описывающих контур Γ_i , на оценку меры близости.

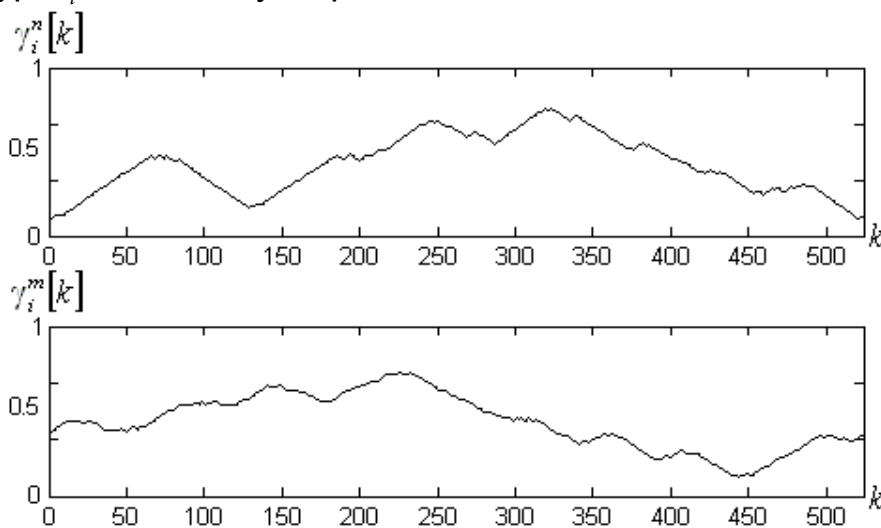


Рис. 3. Составляющие γ_i^X анализируемого контура Γ_i .

Применяя для фильтрации контура Γ_i алгоритм, предложенный в [7], получим сглаженный контур $\tilde{\Gamma}_i = (\tilde{\gamma}_i^n[k], \tilde{\gamma}_i^m[k], \tilde{\gamma}_i^z[k])$. Следует отметить, что в общем случае количество элементов двух сравниваемых контуров различается. Для приведения количества элементов двух контуров к одному значению возможно использование вейвлет-преобразований, и использования

аппроксимаций двух сигналов $\tilde{\gamma}_i^X$ с разных уровней разложения [8]. Также возможно применение процедур децимации и интерполяции к сглаженному контуру, для понижения или повышения числа отсчетов сигналов $\tilde{\gamma}_i^X$ (рис. 4).

Далее, представляя эталонный контур Γ_{et} в виде $\Gamma_{et} = (\gamma_{et}^n[k], \gamma_{et}^m[k], \gamma_{et}^z[k])$ (рис. 5) можно перейти к непосредственному сравнению двух контуров.

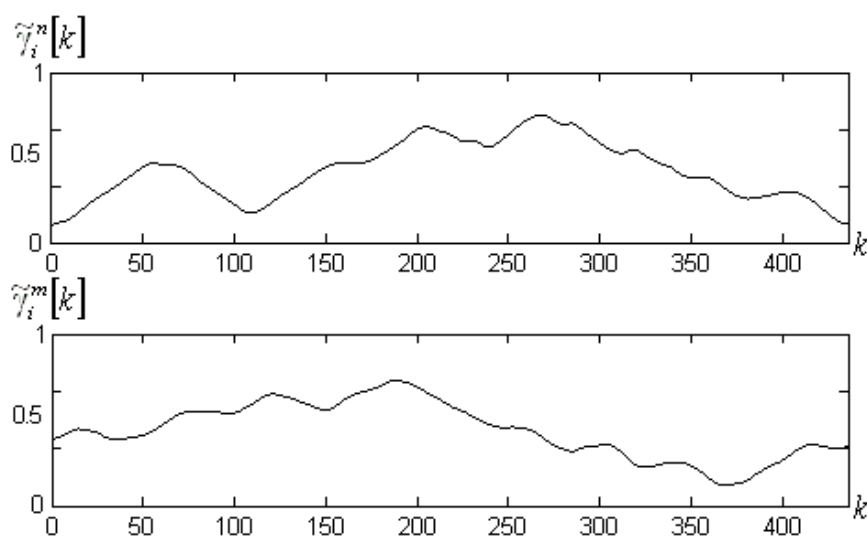


Рис. 4. Составляющие $\tilde{\gamma}_i^X$ сглаженного контура $\tilde{\Gamma}_i$.

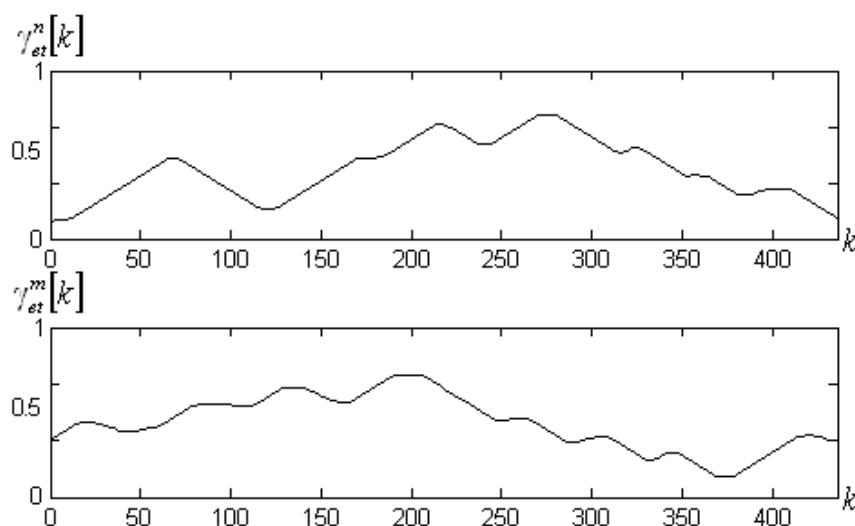


Рис. 5. Составляющие γ_{et}^X эталонного контура Γ_{et} .

На основе выражения (1) вычисляются три коэффициента корреляции

$$Cr^n = Cr(\gamma_i^n[k], \gamma_{et}^n[k]), Cr^m = Cr(\gamma_i^m[k], \gamma_{et}^m[k]), Cr^z = Cr(\gamma_i^z[k], \gamma_{et}^z[k]), \quad (2)$$

и их среднее значение:

$$\overline{Cr} = \frac{Cr^n + Cr^m + Cr^z}{3}. \quad (3)$$

При стремлении коэффициента корреляции \overline{Cr} к единице, можно сделать вывод об идентичности двух контуров Γ_i и Γ_{et} , а следовательно и объектов β_i и β_{et} , ими описываемых т.е. $\beta_i \equiv \beta_{et} : \overline{Cr} \rightarrow 1$. В случае объектов, ограниченных контурами, приведенных на рис. 2, коэффициент корреляции, вычисленный по (2) и (3) составил $\overline{Cr} = 0.9822$. Для контуров, приведенных на рис. 6 $\overline{Cr} = 0.7102$.

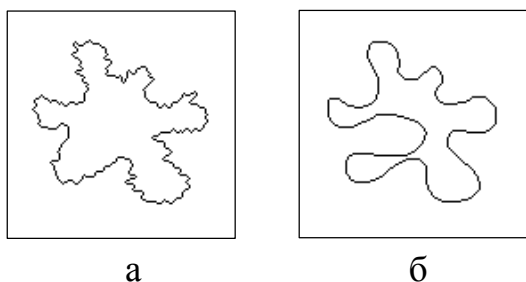


Рис. 6. Контуров объектов: а – анализируемый Γ_i ; б – эталонный Γ_{et} .

образующих кривую линию, ограниченную концевыми точками или точками ветвления (рис. 7).

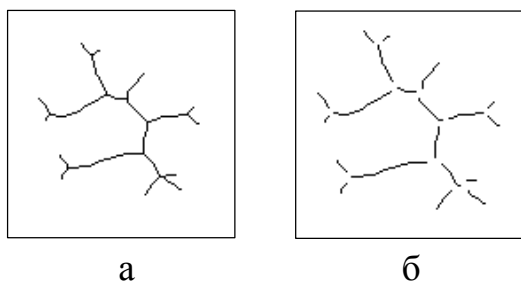


Рис. 7. Структура скелета: а – скелет H_i ; б – множество ветвей $v_{i,k}$

Предложенный алгоритм может быть применен и для анализа скелетов H_i . При этом, сначала необходимо представить скелет множеством его ветвей $H_i = \{v_{i,k}\}$, $k \in \mathbf{Z}$, где каждая ветвь $v_{i,k}$ есть совокупность скелетных точек,

Обрабатывая каждую ветвь $v_{i,k}$ скелета предложенным алгоритмом удается определить коэффициент корреляции \overline{Cr}_k между отдельными соответствующими ветвями скелетов. А для оценки идентичности самих скелетов определяется

средний коэффициент корреляции по всем полученным значениям

\overline{Cr}_k , как $\overline{Cr} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \overline{Cr}_k$, на основе которого и делается вывод об

идентичности двух скелетов (рис. 8).

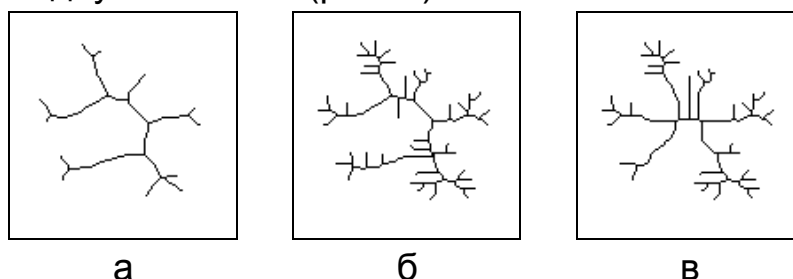


Рис. 8. Скелеты: а – эталонный скелет H_{et} ; б – идентичного объекта $\overline{Cr} = 0.8879$; в – отличного объекта $\overline{Cr} = 0.6791$

Литература

1. Гай В.Е., Жизняков А.Л. Классификация изображений микроструктур металлов на основе многомасштабных моделей // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. — 2007. — Т.4, № 2. — С. 46—50.
2. Жизняков А.Л., Гай В.Е. Сегментация изображений на базе использования адаптивной локальной области // *Вестник компьютерных и информационных технологий*. — 2008. - № 1. — С. 16—21.
3. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. В 2-х книгах. Пер. с англ. — М.: Мир, 1982. — Кн.1 — 312с., Кн. 2 — 480с.
4. Жизняков А.Л., Теоретические основы обработки многомасштабных последовательностей цифровых изображений: монография / А.Л. Жизняков, С.С. Садыков; Владим. гос. ун-т. — Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та. — 2008. — 121 с.
5. Жизняков А.Л. Формирование и анализ наборов признаков многомасштабных последовательностей цифровых изображений // *Программные продукты и системы*. — 2007. — № 4. — С. 24.
6. Жизняков А.Л., Привезенцев Д.Г., Фомин А.А. Классификация изображений на основе локальных признаков самоподобия // *Ползуновский вестник*. — 2011. - № 3, Ч. 1. С. 12-14.
7. Жизняков А.Л., Фомин А.А. Многомасштабный подход к фильтрации контуров полутонных изображений // *Вестник компьютерных и информационных технологий*. — 2007. — № 9. — С. 19—24.
8. Малла, С. Вейвлеты в обработке сигналов: Пер. с англ. / С. Малла — М.: Мир, 2005. — 671 с.
9. Андрианов Д.Е. Математическая модель определения эмоционального состояния / Андрианов Д.Е., Ширабакина Т.А., Жолобов С. А. // *Известия юго-западного государственного университета*. 2012. №2 Часть 3. С.75-78