

## 4. РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ И АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ

УДК 681.3 : 681.5

### АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОРТОГОНАЛЬНОГО БАЗИСА УОЛША

*Селиханович А.М*

*Институт технической кибернетики НАН Беларуси*

#### **Введение**

В настоящее время различные виды документов содержат буквенные и цифровые символы, которые подлежат вводу и требуют какой-либо их автоматической обработки. Символы могут быть воспроизведены машинописным способом или написаны от руки. В области автоматического ввода машинописных символов в настоящее время достигнуты высокие результаты по достоверности распознавания. Значительно упрощает задачу то, что в этом случае обрабатываются стилизованные символы. В отношении рукописных символов нельзя вести речь о каком-либо стиле. Следовательно возникает задача разработки новых алгоритмов как на этапе предварительной подготовки образа, так и на этапе выделения информативных признаков.

#### **1. Алгоритм**

Одним из способов описания рукописных символов является определение их посредством формы внешней граничной кривой [3, 5]. Для

получения достоверного описания символа с помощью формы внешней граничной кривой, необходимо, чтобы указанная кривая была замкнутой и единой.

Вследствие неидеальности представления изображения, связанного с изменением в написании символов по величине, толщине линий и их ориентации, с разрывами и смыканиями линий, с помехами при считывании и другими подобными причинами возникает разнотипность в изображениях. Следовательно для получения качественных информативных признаков требуется определенная стилизация распознаваемых символов.

Как правило, после ввода символы на растре обладают разной толщиной линий, и более того, одна и та же линия имеет переменную по длине толщину (см. рис.1а ). Поэтому сначала выполняется утоньшение линий, т.е. приведение всех линий к толщине в один пиксел. С этой целью использован алгоритм скелетизации Накаши-Шингала [1]. Результат работы процедуры утоньшения представлен на рис.1б.

Для устранения разрывов и получения определенным образом стилизованной внешней граничной кривой к скелету изображения применяется двумерное преобразование Уолша. Преобразование осуществляется окном размерностью  $4 \times 4$  пиксела. При выполнении прямого двумерного преобразования вычисляется только первый коэффициент. Всем остальным коэффициентам присваиваются нулевые значения. Выполнение обратного двумерного преобразования осуществляется с применением быстрого алгоритма вычисления коэффициентов Уолша для одномерного случая [4] сначала к строкам, а затем к столбцам матрицы изображения.

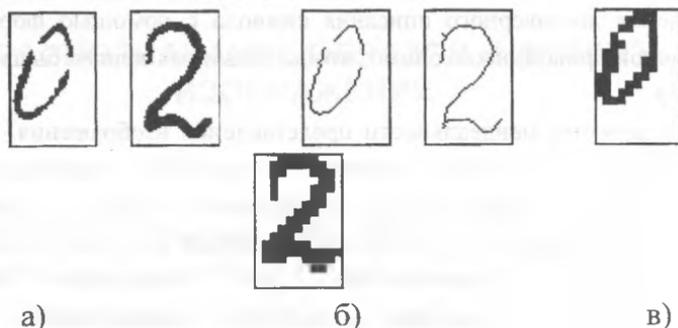


Рис. 1. Этапы стилизации: исходный образ (а); результат утоньшения (б); результат стилизации (в)

В результате использования указанного преобразования устраняются все разрывы и определенным образом стилизуется внешняя граница цифры (рис.1в).

Обход внешней границы цифры осуществляется по часовой стрелке, используя известный алгоритм, предложенный в работе [2].

Таким образом кривая [3] имеет  $m$ -вершин  $V_0..V_{m-1}$ , а сегмент  $(V_{i-1}, V_i)$  имеет длину  $\Delta l_i$ . Изменение угла направления сегмента в вершине  $V_i - \Delta\Phi_i$  и общая длина  $L$ .

$$L = \sum_{i=1}^m \Delta l_i. \quad (1)$$

Изначально мы получаем, как описано выше, функцию внешней границы образа  $f_k$  в виде

$$f_k = \Delta\Phi_k(l_k), \quad (2)$$

Для того, чтобы применить процедуру быстрого преобразования Уолша, необходимо иметь число отсчетов, описывающих функцию внешней границы, кратное степени 2 ( $N = 2^n$ ,  $n=1,2,3, \dots$ ). Кроме того, для получения более точной аппроксимации, эти отсчеты должны быть взяты через равные интервалы.

С этой целью вводится новая переменная  $U$ , которая изменяется в интервале от 0 до 1, а для получения  $N$ , кратного степени 2 и равных интервалов используется шаг  $\Delta U$ .

$$U = \frac{l}{L}, \quad \Delta U = \frac{1}{N} = \frac{1}{2^n}. \quad (3)$$

Таким образом, осуществляется переход к функции вида

$$f(U) = \Delta\Phi(L*U), \quad (4)$$

для которой уже возможно применение процедуры быстрого преобразования Уолша.

После выполненной стилизации внешней границы образа угол изменения направления вдоль кривой равен либо +90, либо -90 градусов. Эти значения заменяются на +1 и -1 соответственно, что идеально подготавливает функцию граничной кривой к ее последующему описанию функциями Уолша.

Далее к полученному параметрическому описанию граничной кривой применяется одномерное преобразование Уолша. В результате получается вектор коэффициентов Уолша, который используется в качестве информативных признаков символа.

## Заключение

Разработанный алгоритм позволяет выделять информативные признаки, которые инвариантны к ряду аффинных преобразований: сдвигу, масштабированию и повороту. В результате использование алгоритма для распознавания таких рукописных символов, как арабские цифры, достигнута достоверность – 96÷98%. Применение преобразования Уолша значительно увеличивает быстродействие по сравнению с преобразованием Фурье [3], что позволяет применять этот алгоритм в системах распознавания реального времени.

## Литература

1. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника: пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 620 с.
2. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений: пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986. – 399 с.
3. Charles T. Zahn, Ralph Z. Roskies. Fourier descriptors for plane closed curves, IEEE Transactions on Computers, 1972, Vol. c-21, No 3, p.269-281.
4. Садыхов Р.Х., Чеголин П.М., Шмерко В.П. Методы обработки сигналов в дискретных базисах. – Минск: Наука и Техника, 1987. – 296 с.
5. G.H. Granlund. Fourier Preprocessing for Hand Print Character Recognition, IEEE Transactions on Computers, February, 1972.

УДК 681.3:681.5

### АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ ОБЛАСТЕЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ СЛОЕВ КРИСТАЛЛА СБИС

*Садыхов Р.Х., Мачнев А.Г.\*, Селиханович А.М.\**

*Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники,*

*\*Институт технической кибернетики НАН Беларуси*

В процессе перепроектирования СБИС возникает задача выделения областей металлизации на изображениях топологических слоев кристалла, получаемых, например, с помощью электронного микроскопа. Такие изображения (см. рис.1) являются полутоновыми и, как правило, сильно зашумлены. Для определения контуров традиционно используются масочные операторы, основанные на выделении перепадов яркости [1].