

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НА БАЗЕ  
ОДНОРОДНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБРАБОТКИ И РАСПОЗНАВАНИЯ  
ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

П.А.Анниев, А.И.Минин

В работе рассматриваются вопросы применения комбинированной вычислительной системы для обработки и распознавания графической информации [1]. Блок-схема такой системы приведена на рис.1. Она содержит цифровую вычислительную машину (ЦМ) 1, структурно однородное устройство 2 [2], матрицу фотодисков 3.

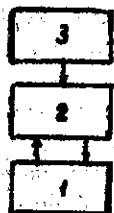


Рис.1.

Распознавание предъявляемого образа заключается в сравнении кодового слова, сформированного ЦМ на основе анализа характеристик образа, полученных при работе элементов решетки, с эталонными кодовыми словами. Если сформированное кодовое слово не равно ни одному из эталонных (или равно нескольким кодовым словам), то производится набор дополнительных характеристик для коррекции кодового слова и сравнение направленного слова с эталонными.

Функционирование системы рассмотрим на примере распознавания некоторого множества рукописных символов. Это множество (называемое в дальнейшем алфавитом) включает в себя прописные буквы русского и латинского алфавита и цифры.

Организация работы системы может быть описана некоторой диаграммой (см. рис. 2).

$\mathcal{A}^*$  - множество элементов алфавита, каждый из которых представляется совокупностью квантов графической информации, записанных в элементах решетки; с помощью алгоритмов предварительной обработки (отображение  $P$ ), заключающейся в приведении образа к толщине 1, множество  $\mathcal{A}^*$  преобразуется в  $\mathcal{A}$ .

$\mathcal{M}$  - модель для множества  $\mathcal{A}$ . Каждый элемент из  $\mathcal{A}$  будем интерпретировать (отображение  $I$ ) как плоскую, связанную одномерную (т.е. состоящую из контуров и отрезков) фигуру. Причем каждый контур и отрезок и каждые два отрезка имеют не более одной общей точки, а каждые два контура или имеют не более одной общей точки или общий отрезок. Точку, являющуюся общей для нескольких отрезков, назовем особой, а число линий, для которых она является общей, индексом особой точки.

В множестве  $\mathcal{M}$  введем отношение эквивалентности: две фигуры эквивалентны, если они имеют равное число контуров, точек индекса 4 и точек индекса 3 или 4 лежащих на контуре. При этом  $\mathcal{M}$  разбивается на некоторые классы, в каждый из которых попадут фигуры имеющие один и тот же топологический тип (называемый в дальнейшем типом).  $\mathcal{D}$  - множество характеристики элементов множества  $\mathcal{M}$ . В качестве характеристики выберем (отображение  $h$ ) тип фигуры, число точек индекса 2 (которые не являются особыми в топологическом смысле) и совокупность углов (относительно выбранного направления), которые образуют линии, исходящие из особых точек (см., например, признаки образа Б на рис. 3).

В множестве  $\mathcal{M}$  введем отношение эквивалентности: две фигуры эквивалентны, если они имеют равное число контуров, точек индекса 4 и точек индекса 3 или 4 лежащих на контуре. При этом  $\mathcal{M}$  разбивается на некоторые классы, в каждый из которых попадут фигуры имеющие один и тот же топологический тип (называемый в дальнейшем типом).  $\mathcal{D}$  - множество характеристики элементов множества  $\mathcal{M}$ . В качестве характеристики выберем (отображение  $h$ ) тип фигуры, число точек индекса 2 (которые не являются особыми в топологическом смысле) и совокупность углов (относительно выбранного направления), которые образуют линии, исходящие из особых точек (см., например, признаки образа Б на рис. 3).

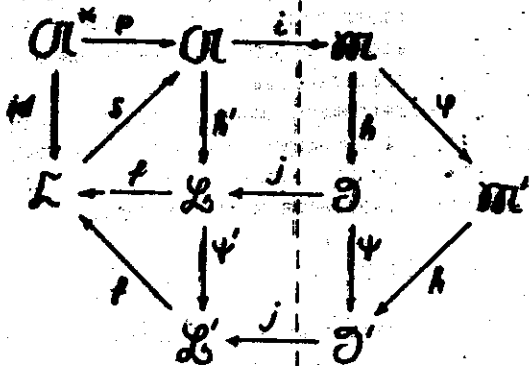


Рис. 2

Функционирование системы рассмотрим на примере распознавания некоторого множества

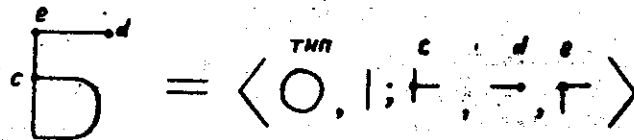


Рис. 3

Классификация элементов из  $\mathcal{M}$  производится следующим образом:

- а) определяется тип фигуры;
- б) фигуры каждого типа разбиваются на подтипы, с помощью совокупности углов, образуемых линиями, исходящими из особых точек индекса 1,3,4;
- в) если в подтип попадает более одной фигуры, то дальнейшая классификация производится по числу точек индекса 2 и направлению линий исходящих из этих точек.

Допустимыми преобразованиями (отображение  $\varphi$ ) элементов из  $\mathcal{M}$  являются:

- а) поворот на некоторый угол  $\kappa \cdot \alpha$  кратный углу  $\alpha$ ;
- б) "деформация сдвига", определяемая некоторым углом  $\epsilon \cdot \beta$  кратным углу  $\beta$ ;
- в) любая комбинация поворота и "деформации сдвига".

Любые два элемента А и В из множества  $\mathcal{M}$ , являющегося результатом отображения  $\varphi$ , представляют один и тот же образ, если существует допустимое преобразование, переводящее А в В. Преобразование  $\varphi$  некоторой фигуры индусирует преобразование  $\psi$  окрестностей особых точек этой фигуры, при этом множество характеристик  $\mathcal{D}$ , получаемое с помощью отображения  $h$ , преобразуется во множество  $\mathcal{D}'$ .

$\mathcal{L}$  и  $\mathcal{L}'$  - множества характеристик множества  $\mathcal{A}$ , наблюдаемых при работе элементов решетки в соответствии с алгоритмами набора характеристик (отображение  $h$ ) и алгоритмами преобразования этих характеристик (отображение  $\psi'$ ), соответствующего преобразованию  $\psi$ .

$\mathcal{L}$  - множество кодовых слов формируемых ЦМ, каждое из которых соответствует определенному классу эквивалентных (относительно допустимых преобразований) между собой образов.

$f$  - алгоритмы формирования кодовых слов.

$s$  - алгоритмы сравнения кодовых слов.

$id$  - это отображение отождествления множества  $\mathcal{A}^*$  распознаваемых образов и множества  $\mathcal{L}$  кодовых слов.

Форма представления информации в особых точках и в существенных точках индекса 2 показана на рис. 4 а, б, в, г.

На рис. 4 точками 1,2,3,4 обозначены элементы индексов 1, 2,3,4 соответственно: пунктирными линиями показаны связи этих

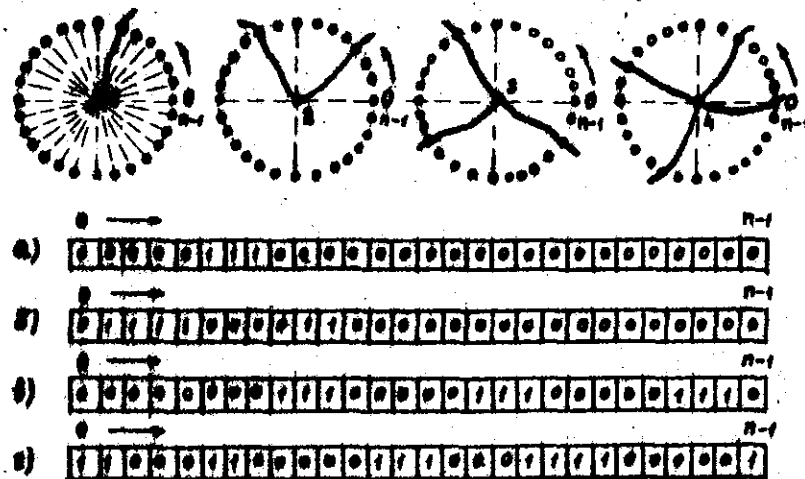


Рис. 4

элементов с элементами решетки, расположенными на расстоянии  $\tau$  от центрального элемента ( $\tau$  определяется алгоритмом распознавания и задает "глубину" просмотра окрестности особой точки преобразованного образа).

Совокупность углов (см.рис.4), образованных линиями исходящими из особой точки, представляется булевым вектором, число компонент которого равно количеству элементов решетки, расположенных на периметре просматриваемой окрестности этой точки. Совокупность компонент вектора, соответствующая множеству элементов решетки, представляющему одну часть периметра, имеет значение "1", если линия, исходящая из особой точки, пересекает периметр просматриваемой окрестности хотя бы по одному элементу, принадлежащему этой части. Выделенные части периметра (число которых равно индексу особой точки) задаются человеком на основе анализа возможных модификаций распознаваемого образа.

Для занесения информации об образе из рассматриваемого алфавита при данном подходе к распознаванию требуется не более двадцати двоичных разрядов. Первые четыре разряда отводятся для занесения номера типа, а в остальных разрядах записываются коды

характеристик образа этого типа, поэтому структура кодовых слов образов разных типов различна. Это позволяет записать информацию о каждом образе из рассматриваемого алфавита в компактной форме. В качестве примера на рис.5 приведены структуры кодовых слов для образов типов А, В.

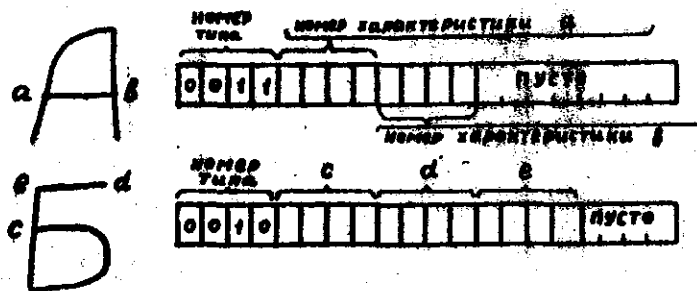


Рис. 5

В заключение отметим, что число тактов, требуемых для распознавания образа из рассмотренного алфавита равно  $C \cdot \gamma$ , где  $\gamma$  — количество элементов решетки, составляющих контур образа; константа  $C$  порядка 10 и определяется алгоритмом распознавания.

#### Л и т е р а т у р а

1. ШЕРМАН Г. Квантовологический метод распознавания линейных изображений. Автоматический анализ сложных изображений. Сборник переводов. "Мир", М., 1969.

2. МИЛИН А.Н. Основные свойства однородных устройств с непрерывной структурой настройки. — В сб.: "Вычислительные системы", вып. 41, Новосибирск, 1970.