

особенно в режиме обучения, которая может продолжаться несколько дней непрерывного счета на компьютере типа Pentium 166.

Таким образом, устранение этого недостатка, по-видимому, должно стать объектом дальнейших исследований в этом направлении.

### **Литература.**

1. Рылов А.С. Некоторые аспекты проблемы автоматического распознавания личности по голосу. Сб. статей Вопросы криминологии, криминалистики и судебной экспертизы. № 11, 1996 г., стр. 162-176.
2. Макхоул Д., Рукос С., Гиш Г. Векторное квантование при кодировании речи. ТИИЭР т.73, № 11, 1985 г., стр. 19-61.
3. Рылов А.С., Сапронович И.З., Францкевич А.В. Система автоматической верификации голоса говорящего. Тез. докладов международной конференции "Информатизация правоохранительных систем". Москва, июль, 1995 г.

УДК 681.3

## **АЛГОРИТМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ НА ОСНОВЕ КОЛЬЦЕВЫХ И СЕКТОРНЫХ МОМЕНТНЫХ ФУНКЦИЙ**

*Садыхов Р.Х., Муравин А.Л.*

*Институт технической кибернетики НАН Беларуси*

Задача распознавания рукописных символов является частным случаем более общей задачи - задачи распознавания графических образов. Основными методами решения поставленных задач являются методы цифровой обработки сигналов (ЦОС).

Спектральные коэффициенты, найденные в результате того или иного двумерного преобразования (Фурье, Адамара, Хаара, Хартли и др.), определяют веса базисных изображений (двумерных базисных функций), соответствующих этому преобразованию, при которых взвешенная сумма базисных функций идентична изображению. Можно считать, что эти коэффициенты показывают степень корреляции соответствующих базисных функций с изображением. В экспериментах, описанных ниже в данной работе, применялись преобразования Фурье и Хаара.

Количество спектральных коэффициентов, получаемых в результате выполнения спектрального преобразования, которые используются как информативные признаки распознаваемого изображения, достаточно велико. Поэтому с целью сокращения вычислительных затрат возникает необходимость решения задачи уменьшения размерности вектора информативных признаков, при этом вероятность правильного распознавания изображений по возможности не должна снижаться.

Попытаемся сократить размерность признаков, получаемых в результате преобразования Фурье. Известно [1], что преобразование Фурье обеспечивает инвариантность амплитудного спектра определяемого выражением (1) к циклическому сдвигу исходного сигнала, т.е. она не изменяется, если начало координат на исходном изображении сдвигается.

$$M(\omega_x, \omega_y) = |X(\omega_x, \omega_y)|^2, \quad (1)$$

где  $X(\omega_x, \omega_y)$  - спектральные коэффициенты Фурье.

В качестве результирующих информативных признаков предлагается использовать кольцевые и секторные моментные функции, определяемые [2] соотношениями (2) и (3).

$$S_r(m) = \int_{\rho(m)}^{\rho(m+1)} M(\rho, \Theta) d\rho, \quad (2)$$

#### 4. Распознавание образов и анализ изображений

$$S_s(m) = \int_{\Theta(m)}^{\Theta(m+1)} M(\rho, \Theta) d\Theta, \quad (3)$$

где  $\Theta = \arctg \left( \frac{\omega_y}{\omega_x} \right)$  и  $\rho^2 = \omega_x^2 + \omega_y^2$ .

Секторные моментные функции  $S_s(m)$  инвариантны относительно сдвига и изменения масштаба исходного изображения. Кольцевые моментные функции  $S_r(m)$  инвариантны относительно сдвига и вращения.

Следует отметить, что преобразование Хаара не обладает свойством инвариантности спектра к циклическим сдвигам исходного сигнала, но с помощью описанных моментных функций получаем инвариантность относительно вращения и масштабирования.

Ниже описана методика проведенных экспериментов по распознаванию рукописных символов на основании описанного выше метода и представлены полученные результаты.

В качестве исходных данных использовалось множество из 100 рукописных символов от "0" до "9" размерности 64x64 точки. В этом множестве присутствовало по 10 вариантов написания каждого символа. Изображения символов были получены путем оцифровки написанных разными людьми цифр с последующим преобразованием их в бинарный формат изображения.

В качестве информативных признаков распознаваемых объектов использовались кольцевые и секторные моментные функции.

Сначала на основе исходных изображений генерировались эталоны десяти классов путем вычисления среднего арифметического значений моментов 10 представителей класса по каждому моменту. Принятие

решения осуществлялось по методу минимального расстояния, которое вычислялось двумя разными способами :

1) как сумма модулей отклонений от эталона (выражение (4));

2) как геометрическое расстояние (выражение (5)).

$$D_1 = \sum_{i=1}^N |A_i - B_i|, \quad (4)$$

$$D_2 = \sqrt{\sum_{i=1}^N |A_i - B_i|^2}, \quad (5)$$

Анализируемое изображение относилось к тому классу, расстояние до эталона которого было минимальным.

Таблица 1. Результаты распознавания с применением для вычисления моментных функций коэффициентов преобразований Фурье и Хаара.

Количество моментов	Количество ошибок распознавания( пр.Фурье)		Количество ошибок распознавания( пр.Хаара)	
	Способ 1	Способ 2	Способ 1	Способ 2
2	55	56	66	62
4	50	51	60	60
8	37	39	45	45
16	33	34	34	37
32	31	30	27	33
64	23	26	15	28
128	18	17	11	19
256	9	12	4	14
512	5	11	5	9
1024	2	14	3	7
2048	2	12	3	5

#### 4. Распознавание образов и анализ изображений

Результаты распознавания, полученные с использованием преобразований Фурье и Хаара, приведены в табл.1, где указано количество ошибок распознавания.

В заключение отметим, что были получены относительно неплохие результаты, несмотря на то, что исходные изображения не подвергались практически никакой предобработке.

#### Литература :

1. Садыхов Р.Х., Чеголин П.М., Шмерко В.П. Методы и средства обработки сигналов в дискретных базисах. Минск. Наука и техника, 1987.
2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. М.: Мир, 1982. Т.1,2.

УДК 681.325

### **АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ОСНОВАННЫЙ НА ПРЕОБРАЗОВАНИИ ХАФА И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБЪЕКТОВ**

*Вершок Д.А.*

*Институт технической кибернетики НАН Беларуси*

Выделение на изображении геометрических примитивов является одной из основных задач в области компьютерного видения. Преобразование Хафа (ПХ) [1] и его различные модификации известны как популярные методы решения этой задачи. ПХ успешно применяется для нахождения объектов, которые могут быть описаны аналитически и параметризованы. Суть его состоит в том, что в результате преобразования пиксел из пространства исходного изображения отображается в кривую в