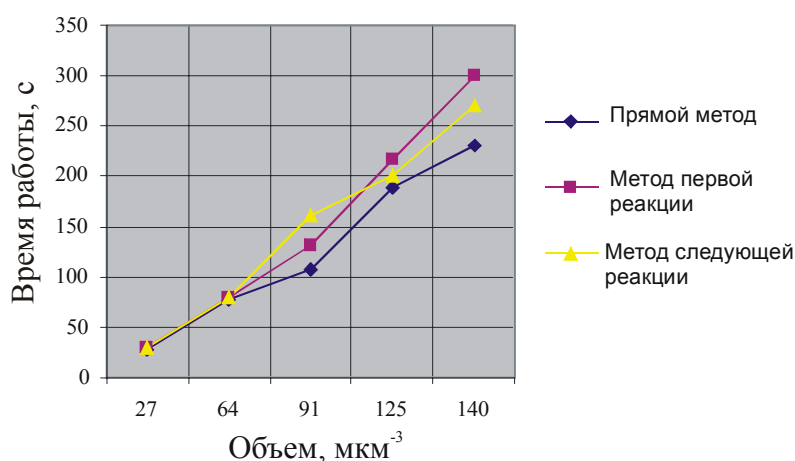


Таблица 2

Время работы различных алгоритмов моделирования в зависимости от объема

объем(мкм ⁻³) время работы, с	27	64	91	125	140
метод следующей р-ции, с	29	80	161	200	270
метод первой реакции, с	29	79	130	217	300
прямой метод, с	28	78	107	188	230



**Рис. 3. Быстродействие различных алгоритмов
в зависимости от объема**

Литература

- Gillespie D. T. Exact stochastic simulation of coupled chemical reactions // J. Phys. Chem. 1977. V. 81(25). P. 2340–2361.
- Gillespie D. T. Approximate accelerated stochastic simulation of chemically reacting systems // J. Chem. Phys. 2001. V. 115(4). P. 1716–1733.
- Pollard T. D. Rate constants for the reactions of ATP- and ADP-actin with the ends of actin filaments // J. Cell Biol. 1986. V. 103. P. 2747–2754.

ПРЕДОБРАБОТКА И РАСПОЗНАВАНИЕ РУКОПИСНЫХ АЛФА- ВИТНО-ЦИФРОВЫХ СИМВОЛОВ

И. И. Ярохович

Рассматриваемая проблема представляет собой область исследований, которой посвящено большое количество публикаций и в рамках которой создано множество компьютерных систем автоматической обработки

документов. В то же время задача распознавания символов является основной в рамках общей проблемы автоматического анализа документов, так как от ее решения, т.е. от качества распознавания отдельных символов, напрямую зависит качество распознавания слов, строк и всего документа. В теоретическом плане распознавание цифр, букв и других символов является важным прикладным направлением распознавания образов [1].

Основная задача системы распознавания состоит в том, чтобы по имеющейся совокупности значений признаков, найти наиболее подходящий образец из базы и принять решение о распознавании введенного символа. Для более надежной работы система должна содержать несколько методов распознавания, использующих различные наборы признаков символов и эталоны. Помимо того система распознавания должна обеспечивать ввод символа, загрузку баз, обработку данных, выделение признаков, сравнение их с эталонами и вывод результатов пользователю.

Разработанный алгоритм (рис. 1) реализован в программе СРРС (система распознавания рукописных символов), которая распознает цифровые символы, но может быть легко модифицирована для распознавания расширенного набора. Программа была написана на языке *Java*, и совместима с *jdk 1.5* и более новыми версиями.

Перед началом работы программы необходимо создать базу символов или воспользоваться уже имеющейся. Для создания базы в программе реализован специальный метод, результатом работы которого является набор соответствующих значений символов (признаков, свойств) записанных в txt файле.

При запуске программы базы загружаются из файлов в массивы таким образом, что каждый символ занимает одну строку. Далее программа работает с массивами. Ввод символа для распознавания осуществляется на специальной панели размером 200×200 пикселей. Панель ассоциируется с двумерной матрицей такого же размера, где закрашенные пиксели обозначаются «1», а не закрашенные «0».

После ввода проводится обнаружение системой объекта-символа, и если он не был обнаружен, распознавание прекращается и система возвращается в начальное состояние, ожидая ввода символа. Если символ обнаружен, то происходит его дальнейшая обработка. Полученный массив обрабатывается различными методами, выделяющими специфические признаки, свойства символов, а также сжимающими исходные данные. Результаты работы этих методов передаются для сравнения с эталонами базы. Далее используется алгоритм на основе метода множества эталонов. На входе его имеется база содержащая эталоны и массив с об-

работанным символом. Проводится сравнение путем вычисления модуля разности значений признаков из базы и массива символов. Это реализовано в одном из методов программы, который возвращает массив коэффициентов совпадения символа и эталонов. Затем в этом массиве находится минимальный элемент, и символ относится к образу, который окажется ближе всех, о чем делается пометка в массиве результатов. Затем аналогичным способом проводятся сравнения полученных признаков символа с эталонами в соответствующих базах. Результаты этих сравнений заносятся в массив. Полученный массив результатов обрабатывается методом голосования, который и определяет, какой символ был введен [2].

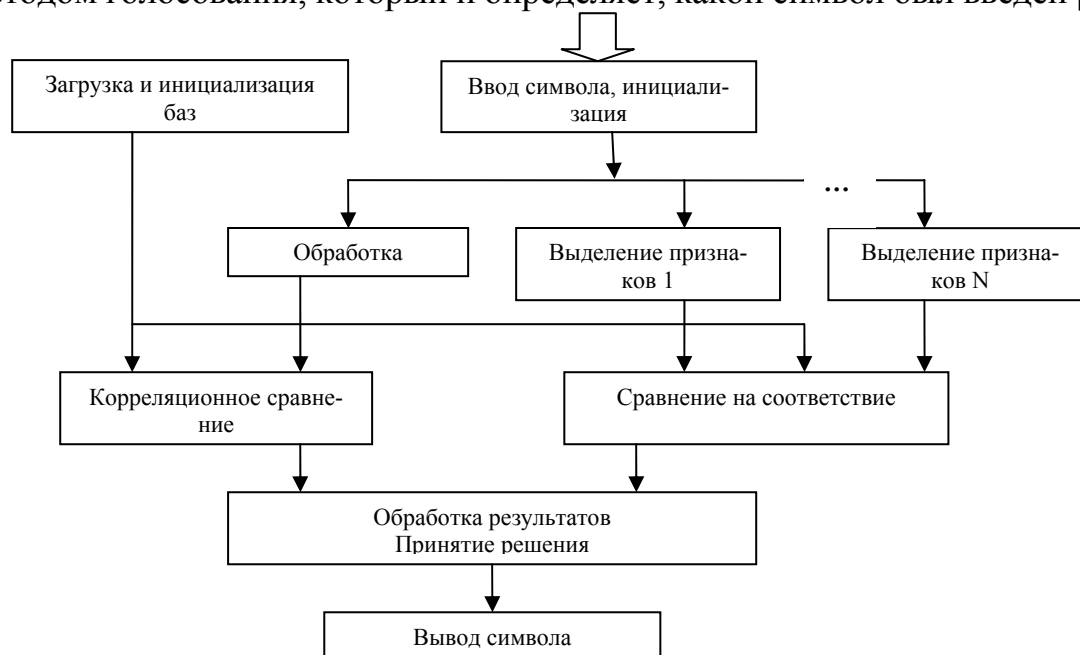


Рис. 1. Схема алгоритма

Для распознавания формируются несколько признаковых пространств. Признаки формы. При этом вокруг символа описывался минимальный прямоугольник, и вычисляются следующие признаки формы [1]:

$$P_1 = \frac{S}{L^2}, P_2 = \frac{L}{a}, P_3 = \frac{L}{b} \quad (1)$$

где S и L – площадь и периметр описанного вокруг объекта минимального прямоугольника; a , b – длины сторон прямоугольника.

Таким образом, коэффициентами для сравнения служат отношение площади прямоугольника к квадрату его периметра и отношение периметра к каждой из сторон прямоугольника.

Второй метод использует дополнительные признаки формы:

$$r_{cp} = \sum_{l=1}^n \frac{r_l}{n} r'_l = \frac{r_l}{r_{cp}} \quad (l = 1, 2, \dots, n), \quad (2)$$

где r_l – длины базисов векторов, проведенных из центра тяжести проекции объекта до пересечения контуром самого объекта (рис. 2), r_{cp} – среднее значение радиуса-вектора по всем n направлениям.

Следующий метод, метод расстояний, считает расстояния от верхнего левого угла минимального прямоугольника описанного вокруг символа, до точек введенного символа. Коэффициентами для сравнения являются эти расстояния, нормированные на диагональ прямоугольника. Нормировка позволяет некоторым образом абстрагироваться от размеров введенного символа.

При методе проекций поле символа делится на четыре квадранта, определяются вертикальные и горизонтальные проекции контура символа в каждом квадранте на линии, разделяющие квадранты (рис. 3). В результате получается кривая представленная на рис. 4 для цифры «5». Исходными данными для этого метода могут быть как сам введенный символ, так и символ центрированный, растянутый, а затем сжатый.

В системе распознавания могут использоваться различные модификации вышеописанного метода. Например, поле символа делится не на четыре области, а на девять.

Метод «квадратов» основан на сегментации исходного изображения следующим образом: на поле символа выделяется 9 значащих областей как показано на рис. 5. Определяется заполненность каждого «квадрата». Если заполнение превысило порог, то, предполагается, что в этой области была нарисована линия. Если были заполнены области 1, 3, 5, то для цифровых символов считается, что были введены горизонтальные линии в этих местах, заполнение областей 6, 7, 8, 9, дает возможность предполагать присутствие вертикальных линий, а областей 2, 4 – наклонных ли-

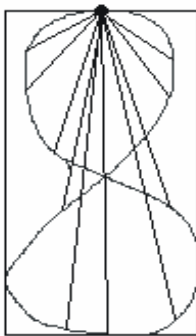


Рис. 2. Метод, использующий дополнительные признаки формы

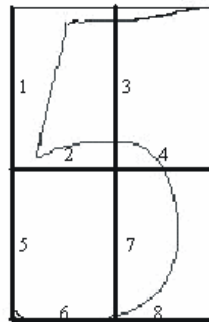


Рис. 3. Метод проекций

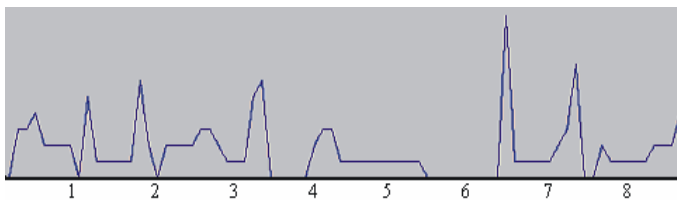


Рис. 4. Проекция символа «5» на оси квадрантов

линий. Если были заполнены области 1, 3, 5, то для цифровых символов считается, что были введены горизонтальные линии в этих местах, заполнение областей 6, 7, 8, 9, дает возможность предполагать присутствие вертикальных линий, а областей 2, 4 – наклонных ли-

ний. Например, если были заполнены области 1, 8, 4, 5 (рис. 5), то после обработки этим методом имеем символ (рис. 6):

Действие метода квадратов можно воспринимать как некоторую линейную аппроксимацию. Что упрощает процесс распознавания и принятия решения.

Из реализованных методов наилучший результат показал метод проекций – 94%. Неплохие результаты у корреляционного метода с предварительным центрированием и масштабированием символа и метода «квадратов» – 64% и 79% соответственно. Наиболее успешно распознавались цифры «0», «2», «3». Хуже всего распознавались цифры «5» и «6».

В результате тестирования программа показала результат распознавания около 90-95 %, а при аккуратном написании около 97%.

Наиболее быстрыми являются корреляционные методы и метод «квадратов». Время распознавания символа на ПК, имеющим процессор AMD Sempron 2600+ 1.6ГГц и память DDR 1024Мб PC3200, как правило, не превышает 0,3 секунды.

Литература

1. Писаревский А. Н., Чернявский А. Ф., Афанасьев Г. К. Системы технического зрения (принципиальные основы, аппаратное и математическое обеспечение). М.: Машиностроение, 1988. 424 с.
2. Шестаков К. М. Теория принятия решений и распознавание образов: курс лекций. Мн.: БГУ, 2005. 184 с.

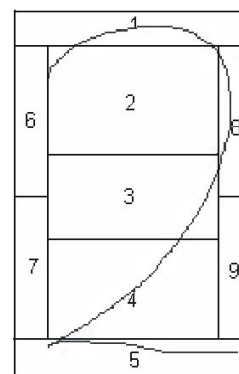


Рис. 5 Метод «квадратов»



Рис. 6 Представление данных после метода «квадратов».