

УДК 004.932.1

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ СИМВОЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ С НИЗКОЙ СЛОЖНОСТЬЮ ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

О. А. Кушниренко
Аспирант*

E-mail: kuuk@mail.ru

А. В. Садченко

Кандидат технических наук, доцент*

E-mail: anjand@mail.ru

А. В. Троянский

Кандидат технических наук, доцент*

E-mail: troy_shur@mail.ru

*Кафедра радиотехнических систем

Одесский национальный политехнический университет
пр. Шевченко, 1, г. Одесса, Украина, 65044

Розглянуто алгоритм розпізнавання символної інформації, який не потребує використання процедур попередньої сегментації та контурної фільтрації. Проведений порівняльний аналіз із відомими алгоритмами розпізнавання символної інформації. Показано, що запропонований алгоритм потребує виконання меншої кількості арифметичних операцій та має низьку складність технічної реалізації

Ключові слова: розпізнавання символної інформації, коефіцієнт кореляції, бінаризація зображення, кодова відстань, алгоритм

Рассмотрен алгоритм распознавания символической информации, не использующий процедуры предварительной сегментации и контурной фильтрации. Проведен сравнительный анализ с известными алгоритмами распознавания символической информации. Показано, что предложенный алгоритм требует выполнения меньшего числа арифметических операций и обладает низкой сложностью технической реализации

Ключевые слова: распознавание символической информации, коэффициент корреляции, биаризация изображения, кодовое расстояние, алгоритм

1. Введение

Задача распознавания символической информации актуальна в системах машинного зрения. Решение этой задачи необходимо при распознавании автомобильных номеров, надписей на контейнерах и железнодорожных вагонах, анализе текстовых документов, идентификации символической информации на печатных платах и электронных компонентах и др. [1 – 4].

2. Анализ состояния проблемы и постановка задачи исследований

Для решения задачи распознавания символов используют стандартную методику поиска и распознавания на изображениях фрагментов, соответствующих одному из множества шаблонов [5, 6]. Эта задача включает в себя следующие этапы:

- выделение области расположения символов;
- шумоподавление и биаризация принятого изображения;
- сегментация и определения угла наклона полученного символа;
- сравнение символа с набором шаблонов.

Оптимальный алгоритм сравнения, обеспечивающий наибольшую вероятность правильного различения заключается в вычислении коэффициента корреляции

между распознаваемым символом и набором всех шаблонов.

Коефициент корреляции вычисляется согласно следующему соотношению:

$$R_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (X_{ij} - \bar{X})(Y_{ij} - \bar{Y})}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (X_{ij} - \bar{X})^2\right) \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (Y_{ij} - \bar{Y})^2\right)}} \quad (1)$$

где X – принятый сегментированный символ, Y – символ-шаблон,

$$\bar{X} = \frac{1}{n \cdot m} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij}, \quad \bar{Y} = \frac{1}{n \cdot m} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Y_{ij}$$

- среднее значение выборок,

n × m - размерность матрицы шаблона Y.

Очевидно, что на одно сравнение требуется

$$q_{\pm} = 10(n \cdot m), \quad q_{\times} = 3(n \cdot m)$$

операций сложения и умножения.

На этапе сравнения сегментированного символа и шаблона кроме корреляционного можно воспользоваться и другими методами, например, алгоритмом структурных векторов Штарка, методом минимума кодовых расстояний или минимума норм и т.д. [7 – 9]. Однако и для этих методов число операций умножений и сложений будет достаточно большим с учетом

необходимости предварительных процедур обработки изображения [6 – 10].

В данной статье предлагается снизить вычислительную сложность распознавания изображений с помощью приведенного ниже алгоритма.

3. Корреляционный алгоритм распознавания символьной информации

Шаг 1. Формирование матрицы C размерностью $H \cdot D$, соответствующей исходному размеру кадра распознаваемого изображения.

Шаг 2. Преобразование цветного изображения в полутоновое изображение (градации серого).

Шаг 3. Вычисление средней яркости изображения ζ_B :

$$\zeta_B = \frac{1}{H \cdot D} \sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^D C_{ij}, \quad (2)$$

где H - число строк, D – число столбцов.

Шаг 4. Бинаризация матрицы C с порогом бинаризации, соответствующим средней яркости изображения ζ_B .

Шаг 5. Преобразование матрицы C согласно следующему правилу:

- если значение пикселя равно «0», то ему присваивается значение «-1»;
- если значение пикселя равно «1», то он остается без изменений.

Шаг 6. Построение сдвиговой корреляционной матрицы R (двумерной апериодической взаимно-корреляционной функции (ВКФ) шаблона и принятого изображения) для каждого шаблона в соответствии с формулой:

$$R(l, k) = \sum_{l=1}^{H-n} \sum_{k=1}^{D-m} \left(\sum_{z=1}^n \sum_{s=1}^m Y(z, s) \cdot \hat{C}(l+z-1, k+s-1) \right)^2, \quad (3)$$

где \hat{C} – модифицированная матрица кадра с размерностью $H \cdot D$ (шаг 5).

Шаг 7. Сравнение элементов корреляционной матрицы R с порогом v :

$$v = (n \cdot m)^2 - d_{cp}^2, \quad (4)$$

$$d_{cp} = d_{wu} = \frac{N(N+1)}{2} \sum_{w=1}^{N-1} \sum_{u=w+1}^N d_{wu}, \quad (5)$$

где d_{cp} - усредненное кодовое расстояние между всеми шаблонами символов,

N - полный размер (объем) алфавита шаблонов.

Кодовое расстояние между двумя произвольными символами вычисляется по формуле:

$$d_{wu} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (Y_{ij}^w \oplus Y_{ij}^u), \quad (6)$$

где w, u - номера шаблонов $w \neq u$,

\oplus - сумма по модулю 2 (операция «исключающее ИЛИ»).

Шаг 8. Вычисление координат символов в составе кадра соответствующих шаблону.

Сравнение данного алгоритма с корреляционным алгоритмом показывает снижение вычислительной сложности. Так как коэффициент корреляции вычисляется согласно соотношению (1), вычислительная сложность распознавания одного символа с предварительной сегментацией составит

$$q_{\pm} = 10(n \cdot m), \quad q_x = 3(n \cdot m)$$

операций умножения и сложения.

Вычислительная сложность предложенного алгоритма составляет $q_+ = (n \cdot m)$ операций сложения на один символ и $q_x = (H \cdot D)$ операций сложения на кадр. Очевидным достоинством данного алгоритма является отсутствие операций умножения.

Рассмотрим пример работы предложенного алгоритма по распознаванию изображения. Для простоты, пусть изображение содержит только цифры от 0 до 9.

Выберем набор шаблонов цифр, которые обычно используются в устройствах отображения цифровой информации. Шаблоны цифр представим в массивах размером 5×3 (рис. 1).

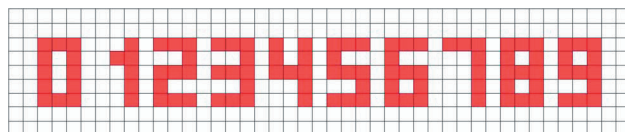


Рис. 1. Шаблоны цифр

На рис. 2 показан закодированный двумерный массив, соответствующий шаблону цифры «0».

-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	1	1	1	-1	-1
-1	-1	1	-1	1	-1	-1
-1	-1	1	-1	1	-1	-1
-1	-1	1	1	1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Рис. 2. Матрица Y шаблона цифры «0» с размерностью 5×3

На рис. 3 представлен пример распознаваемого изображения (матрица S размером 21×43).

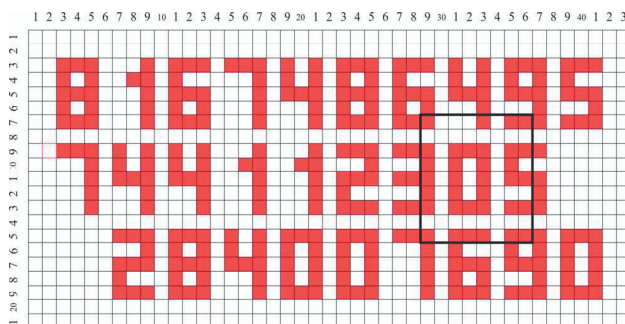


Рис. 3. Пример распознаваемого изображения

После преобразования цветного изображения в градации серого для фрагмента, выделенного рамкой на рис. 3, получим изображение, представленное на рис. 4,а.

Вычислим среднюю яркость изображения ζ_B :

$$\zeta_B = \frac{1}{21 \cdot 43} \sum_{i=1}^{21} \sum_{j=1}^{43} C_{ij} = 120.$$

Бинаризируем матрицу C с порогом бинаризации, равным 120.

Сформируем матрицу \hat{C} по правилу шага 5 алгоритма. Фрагмент полученного изображения представлен на рис. 4,б.

240	12	12	75	255	12	255	240
12	75	75	75	75	55	12	12
236	75	230	233	231	75	230	240
240	75	233	65	245	75	231	12
230	75	235	15	233	62	230	233
240	75	244	75	240	62	62	64
224	75	230	233	228	67	240	255
12	62	63	62	62	62	12	12
244	12	240	245	240	14	236	235

а)

1	-1	-1	-1	1	-1	1	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1	-1	1	1	1	-1	1	1
1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
1	-1	1	-1	1	-1	1	1
1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1
1	-1	1	1	1	-1	1	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1	-1	1	1	1	-1	1	1

б)

Рис. 4. Выделенный участок распознаваемого изображения: а - фрагмент матрицы C ; б - фрагмент матрицы \hat{C}

Построим двумерную аperiodическую взаимно-корреляционную функцию для шаблона «0» и распознаваемого изображения (рис. 5).

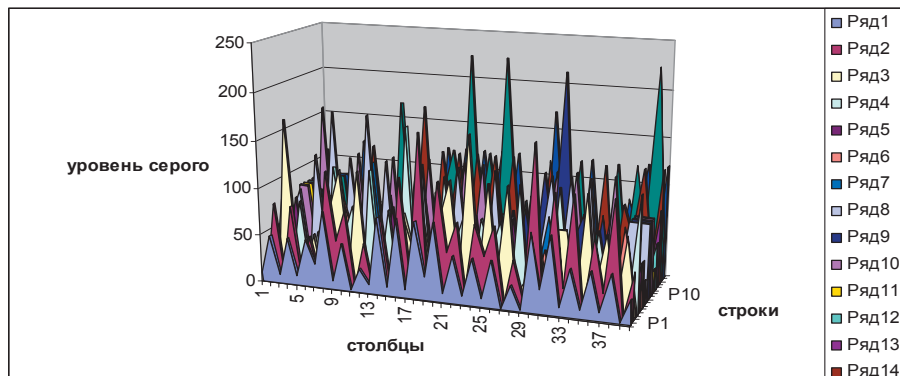


Рис. 5. Двумерная аperiodическая взаимно-корреляционная функция для шаблона «0» и исходного изображения

Для определения координат цифры «0» сравним все элементы корреляционной матрицы R шаблона «0»

с порогом ν , который для данного примера равен 210. Вычислим координаты символа «0» в составе кадра. Индексы всех элементов корреляционной матрицы R шаблона «0», которые больше порога ν определяют координаты символа «0» соответствующих шаблону Y для «0».

В результате одного прохода алгоритма (для шаблона цифры «0») были вычислены координаты символа «0» в составе кадра (рис 6).

Здесь 4 символа, соответствующие шаблону «0», имеют координаты:

- 15 строка – 19 столбец
- 15 строка – 23 столбец
- 15 строка – 39 столбец
- 9 строка – 31 столбец

Аналогично с помощью данного алгоритма вычисляются координаты всех остальных символов.

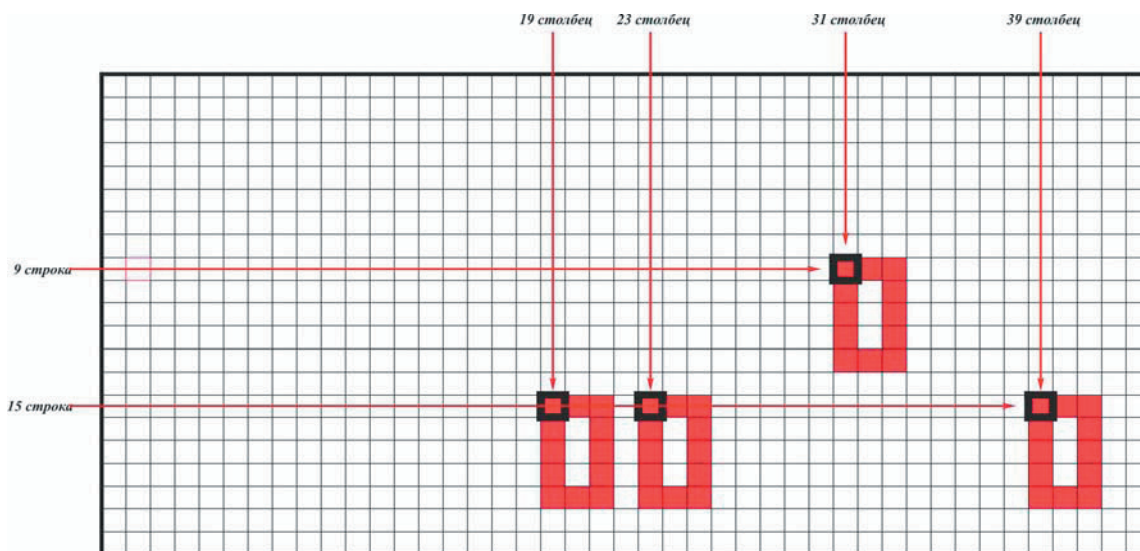


Рис. 6. Вычисленные координаты символа «0» в составе кадра

4. Выводы

Таким образом, предложен алгоритм распознавания, который не требует предварительной сегментации и за одну итерацию позволяет определить координа-

ты символов, соответствующих одному заданному шаблону.

При этом уменьшается вычислительная сложность алгоритма из-за отсутствия операций умножения и снижения общего числа операций сложения.

Литература

1. Глушенко, Л. А. Определение вероятности распознавания алфавитно-цифровой информации на экране монитора [Текст] / Л. А. Глушенко, А. М. Корзун, Н. И. Павлов, А. Н. Силантьев, В. В. Янчук // Труды конференции "Прикладная оптика-2006". – Т.1. – С.183.
2. Михайлов, И. А. Об одном методе распознавания изображений [Текст] / И. А. Михайлов // Моделирование и анализ информационных систем. – 2007. – Т. 14. – № 4 – С. 7 – 12.
3. Михайлов, И. А. Некоторые методы распознавания изображений [Текст] / И. А. Михайлов // Моделирование и анализ информационных систем. – 2008. – Т. 15. – № 4 – С. 56 – 64.
4. Карлин, А.К. Распознавание номеров железнодорожных цистерн с использованием корреляционного алгоритма [Текст] / А. К. Карлин, А. Н. Малков, Е. А. Тимофеев, Г. П. Штерн // Математика, кибернетика, информатика. Труды международной научной конференции (Ярославль, 25 – 26 июня, 2008). – Ярославль: ЯрГУ, 2008. – С. 103 – 110.
5. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
6. Соифер, В. А. Методы компьютерной обработки изображений [Текст] / В. А. Соифер. – М.: Физматлит, 2001. – 784 с.
7. Штарк, Г. Применение вейвлетов для ЦОС [Текст] / Г. Штарк. – М.: Техносфера, 2007. – 192 с.
8. Хмелев, Р. В. Совместное использование структурного анализа и метрики Хаусдорфа при сравнении объекта и эталона [Текст] / Р. В. Хмелев // Компьютерная оптика. – 2005. – В.27. – С. 174 – 176.
9. Глумов, Н. И. Метод быстрой корреляции с использованием тернарных шаблонов при распознавании объектов на изображениях [Текст] / Н.И.Глумов, Е.В.Мясников, В. Н. Копенков, М. А. Чичева // Компьютерная оптика. – 2004. – №3. – Т.32.
10. Форсайт, Д. А. Компьютерное зрение. Современный подход [Текст] / Д. А. Форсайт, Жан Понс. – М.: Вильямс, 2004. – 928 с.

Розроблено високоточні синтезатори перевірювальних газових сумішей на основі змішування потоків чистих компонентів за допомогою дозуючих дроселів. Ці пристрої призначені для градування і метрологічної перевірки газоаналітичної апаратури, зокрема хроматографів димових газів. Описано пристрої для підбору рівноопорових дроселів на одному і на різних газах та оцінені похибки встановлення рівності опорів підбираєних дроселів

Ключові слова: синтезатор перевірювальних сумішей, дозуючий капіляр, аналіз димових газів

Разработаны высокоточные синтезаторы поверочных газовых смесей на базе смешения потоков чистых компонентов при помощи дозирующих дросселей. Эти устройства предназначены для градуировки и метрологической проверки газоаналитической аппаратуры, в частности хроматографов дымовых газов. Описаны устройства для подбора дросселей с равными сопротивлениями, работающими на одном и на разных газах. Оценены погрешности установления равенства сопротивлений подбираемых дросселей

Ключевые слова: синтезатор поверочных смесей, дозирующий капилляр, анализ дымовых газов

УДК 681.2.53.082:543.544:389.14

ПОБУДОВА СИНТЕЗАТОРІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АНАЛІЗУ ДИМОВИХ ГАЗІВ

І. В. Ділай

Кандидат технічних наук*

E-mail: divlv@ukr.net

З. М. Теплюх

Доктор технічних наук*

E-mail: atxp2010@ukr.net

*Кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів

Національний університет «Львівська політехніка»

вул. Ст. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

1. Вступ

1.1. *Постановка проблеми.* Ефективність роботи теплових електричних станцій суттєво залежить від

можливості отримання достовірної первинної інформації про хід технологічних процесів. Відсутність чи невідповідність контрольно-вимірювальної апаратури може спричинити недосконалу роботу техноло-