

**Малкин Георгий Владимирович**

студент

**Томанов Алексей Дмитриевич**

студент

**Едемский Александр Юрьевич**

студент

**Иванов Алексей Климентьевич**

студент

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

электротехнический университет

«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»

г. Санкт-Петербург

## **КЛЕТОЧНЫЕ АВТОМАТЫ В СИСТЕМЕ**

### **РАСПОЗНАВАНИЯ ЧИСЕЛ**

**Аннотация:** в данной статье рассмотрены особенности процесса распознавания чисел с помощью метода клеточных автоматов с метками. Отражены основные этапы, предшествующие выделению индивидуальных свойств символов. Подробно исследован метод определения индивидуальных признаков чисел.

**Ключевые слова:** распознавание, примитивы, фильтрация, изображение, клеточный автомат.

Процесс человеческого распознавания конкретных образов можно рассматривать как психофизическую задачу, которая возникает у человека в ответ на действие определенного физического раздражителя. При получении человеком образа, определенного рода, он выполняет процесс установки ассоциаций и связей между полученным образом и, на основе определенных понятий и ориентиров с ранее обработанными образами. В общем смысле, распознавание человеком образов является оценка относительных шансов на то, что исходные данные

являются какому-то известному множеству статических совокупностей, определимые полученным опытом человека и предоставляющий ориентиры и методы для распознавания. Исходя из этого задача по распознаванию образов сводится к проведению аналогий и поиску различий с между исходными образцами. Эти совокупности образцов строятся на основе общих признаков, индивидуальных свойств, применимых на множество объектов.

Поиск индивидуальных свойств объектов является основным этапов процесса распознавания образцов и, как в частности, цифр.

До начала этапа выделения индивидуальных свойств символов необходимо выполнить ряд работ, таких как: очистить входящее изображение от шума и привести его к виду пригодному для выполнения алгоритмов распознавания, а также выделить из группы символов отдельное изображение каждого отдельного символа.

### *Предварительная обработка изображения*

Обработка изображения является задачей по изменению характеристик входного изображения. Это необходимое действие, выполняемое для повышения качества распознавания символов и уменьшения количества ошибок, полученных при работе алгоритмов системы [1].

Во время выполнения преобразования входного изображения в черно-белую гамму состояния относящиеся к символам следует выделить среди фона. Для выполнения этой задачи может быть выбран клеточный автомат, который будет определять каждую клетку соответствующей точке на изображении, а локальный радиус клеток равен нулю. Автомат будет выполнять одно из трех действий: преобразовывать цвет каждой точки входного изображения в оттенок серого; закрашивать клетку черным цветом, если клетка оказывается темнее определенного предельного цвета; окрашивать клетку белым цветом, если клетка имеет цвет светлее о предельного цвета. Пример правила описанного клеточного автомата изображен на рис. 1.



Рис. 1. Правило преобразования клеточного автомата

в черно-белую гамму: а – преобразование цвета точки в оттенок серого;

б – закрашивание черным, при превышении предельного тона;

в – закрашивание белым, при не достижении предельного тона

### *Разделение групп символов на отдельные символы*

Наиболее часто встречающееся решение задачи разделения групп символов на отдельные символы – это решение задачи в комплексе: изначально проводится предварительное разбиение всех групп символов на отдельно выделенные символы, а затем проводится анализ зависимости разных символов с оценкой расстояния между ними [2].

Клеточные автоматы могут быть использованы в предварительном разбиении входного изображения на изображение отдельных символов. При этом следует выделить два вида клеточных автоматов с метками, руководствующимися следующими правилами:

1. Первый клеточный автомат будет ставить метку на каждую точку черного цвета в виде последовательности гарнируемых целых чисел.
2. Второй клеточный автомат для каждой клетки черного цвета будет просматривать окрестность клетки единичного радиуса и саму рассматриваемую клетку, выставляя у себя метку с минимальным числом в её окрестности, при этом старая метка удаляется.

Схема клеточного автомата с метками, основанная на описанных правилах изображена на рис. 2.

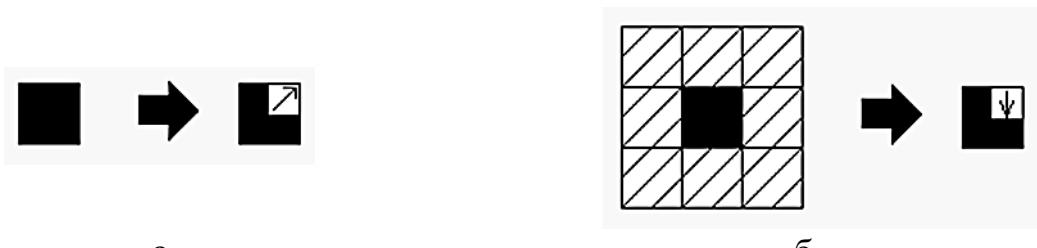


Рис. 2. Клеточный автомат с метками, выделяющий изображение символов из входного изображения: а – автомат генерирования числовых меток; б – автомат поиску меток с минимальным числом

После выполнения работы этих клеточных автоматов в изображении групп символов будут выделены отдельно стоящие, так для разных символов будут выделены разные метки, что может помочь вычислить изображение отдельных символов [3].

#### *Выделение индивидуальных признаков символов*

Ранее было выделено, что человек определяет образцы оценивания признаки объектов со знакомыми объектами. Каждая цифра имеет собственные уникальные признаки, с помощью которых возможно отличие этих цифр друг от друга.

Цифры имеют множество признаков, таких как наличие дуг, петель, вертикальных или горизонтальных линий, пересечений и прочее. Основными из них можно считать пересечения, петли и выступы, а также их взаимное расположение. На рис. 3 изображено положение элементов описанных ранее видов на примере арабских чисел.

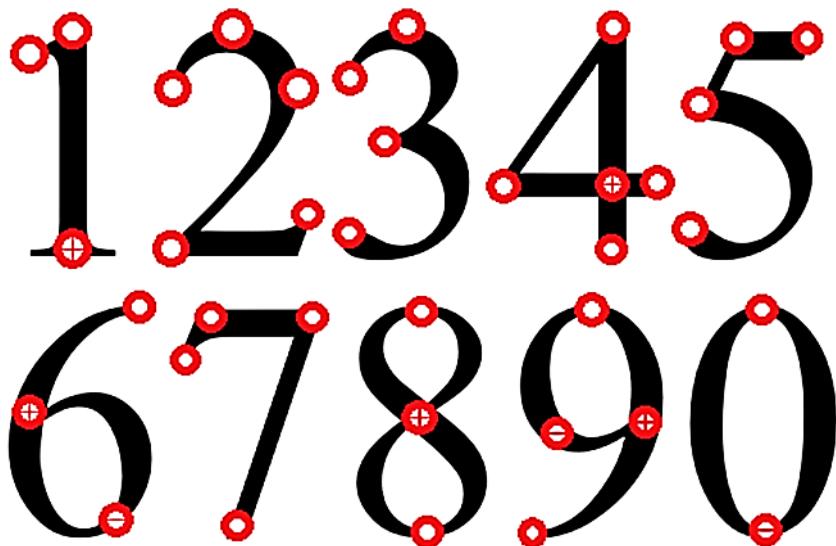


Рис. 3

*Клеточный автомат в процессе выделения  
индивидуальных свойств символов*

В процессе разбиения символов на этапы предполагает использование различно настроенных клеточных автоматов, которые будут выполнять различные задачи. Выделения индивидуальных свойств символов предполагает разработку системы правил, с помощью которых это может быть реализовано [4].

Ранее были описаны основные элементы, по которым будет проводиться анализ отдельных символов. По этим элементам возможна идентификация с конкретным числом. Возможно именно подобными признаками подсознательно руководствуется человек при определении числа, которое он видит.

Существует множество стратегий, по которым можно было бы определить признаки чисел используя клеточные автоматы. Ниже описан один из подобных способов.

*Метод определения индивидуальных признаков чисел*

Метод основывается на том, что из верхнего края символа вдоль точек, являющихся частью цифры, пускается «волна». Эта так называемая «волна» делится на составляющие, повторяя контур числа. В определенный момент «волна» может встретиться с частью с другой «волной» или затухнуть в конце

дуги или прямой. На рис. 4 изображено распространение «волн» на примере арабской цифры шесть.

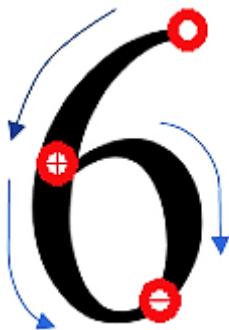


Рис. 4

Понятие «волны» в используемом алгоритме включает в себя несколько составляющих. «Фронт волны» – это точки символа, передвигающиеся от одного конца изображения числа к другому. «Шлейф волны» – точки изображения, в которых находился «фронт волны» в последний момент. «Точки пройденного пути» – точки изображения в которых находился «фронт волны», а затем «шлейф волны», в данных точках процесс не возобновляется.

В начале работы алгоритма все точки цифры не помечены метками. Как только первая точка волны помечается, алгоритм приступает к работе.

Алгоритм основывается на идее, что в какой-то момент времени прохождение волны «фронт волны» угаснет, в то время как шлейф будет продолжать свою работу. Такое событие может произойти только на конце символа или в месте встречи двух составляющих волны. Позиция шлейфа волны в подобные моменты запоминается.

Позиция петли запоминается при встрече двух составляющих волны и на основании того, что шлейфы этих волн в этот момент не связаны между собой.

Используя данный алгоритм возможна реализация процесса распознавания чисел используя метод клеточных автоматов с метками.

### ***Список литературы***

1. Травин А. Технологии оптического распознавания текстов / А. Травин // Электронный офис. – 1996. – Ноябрь.
2. Озорнин А. Простейшие клеточные автоматы и их практическое применение / А. Озорнин. – 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/273393/>
3. Тоффоли Т. Машины клеточных автоматов / Т. Тоффоли, Н. Марголус. – М.: Мир, 1991.
4. Астафьев Г.Б. Клеточные автоматы / Г.Б. Астафьев, А.А. Короновский, А.Е. Храмов. – Саратов: Колледж, 2003 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cas.ssu.runnet.ru/sgnp/data/papers/Train/CellAutomat.pdf>