

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Пинт Э. М., канд. техн. наук, проф.,  
Романенко И. И., канд. техн. наук, доц.,  
Еличев К. А., канд. техн. наук, доц.*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧИТАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

**rom@yandex.ru**

*В статье рассматривается построение созданного авторами оригинального читающего устройства, способного воспринимать и распознавать печатные знаки разных шрифтов и другие символы. В результате эксперимента была выбрана оптимальная структура читающего устройства, что позволило повысить надежность распознавания устройством печатных знаков разных шрифтов. В статье излагаются результаты исследования разработанного читающего устройства.*

**Ключевые слова:** программа, направления матрица, печатный знак, контур.

Создание оптимального читающего устройства, обладающего высоким быстродействием и способного распознавать печатные знаки различных шрифтов и другие символы с высокой степенью надежности, до сих пор считается актуальной задачей, ибо эта задача ещё не решена. В связи с этим авторы разработали оригинальное читающее устройство, обладающее сравнительно простой конструкцией и высоким быстродействием. Причем, при разработке читающего устройства основное внимание было обращено на повышение надежности распознавания устройством печатных знаков разных шрифтов. В статье рассматриваются результаты экспериментального исследования разработанного читающего устройства.

Читающее устройство может быть использовано на промышленных предприятиях, транспорте, в строительных организациях, в библиотеках и т.д. для обработки накапливающейся печатной информации.

Разработанное авторами читающее устройство состоит из фотоэлектронной системы считывания или восприятия печатных знаков с носителя информации и компьютера, распознающего эти знаки.

При помощи фотоэлектронной системы считывания изображение печатного знака воспринимается с носителя информации, построчно развертывается, преобразуется в электрические импульсы, поступающие в определенном порядке в запоминающее устройство компьютера. После окончания считывания в ячейках запоминающего устройства компьютера находится упорядоченный набор дискретной информации о знаке; знак оказывается как бы вписанным в дискретную прямоугольную матрицу, состоящую из ячеек запоминающего устройства, где

заполненным ячейкам матрицы соответствуют элементы изображения знака.

Рассмотрим основные алгоритмы программы для компьютера, которая реализует разработанный авторами рациональный метод распознавания компьютером печатных знаков разных шрифтов. На рис. 1 приведена структурная схема разработанной программы.

В результате теоретического анализа выяснилось, что характерными информативными признаками знаков являются направления элементов знака, составляющие для каждого знака определенную специфическую последовательность в порядке обхода по контуру относительно определенной конечной точки.

Анализ контуров знаков показал, что для определенных восьми направлений, расположенных по окружности под углом  $45^{\circ}$  друг относительно друга, все идеально напечатанные знаки рассматриваемых печатных шрифтов, представленные в виде последовательности номеров направлений в порядке обхода по контуру знака, распознаются друг относительно друга независимо от масштаба элементов знака. Таким образом, выбранные восемь направлений действительно являются оптимальными и достаточными, поскольку несут необходимые признаки для распознавания всех знаков рассматриваемых печатных шрифтов.[1]

Рассмотрение каждого идеально напечатанного знакового контура с представлением его в виде специфической последовательности номеров направлений (которая была названа стандартным видом знака) позволило составить стандартные виды знаков русского алфавита.

Компьютер, начиная с ячейки с наименьшим номером, для каждой заполненной ячейки матрицы отыскивает возможные направления, образуемые соседними с исследуемой заполнен-

ными ячейками по всем восьми направлениям, для последующего перехода по главному направлению на соседнюю ячейку. Главное направление имеет количество заполненных

ячеек равное или большее веса. Вес – это количество заполненных ячеек, которое больше числа ячеек, составляющих толщину линий знака.

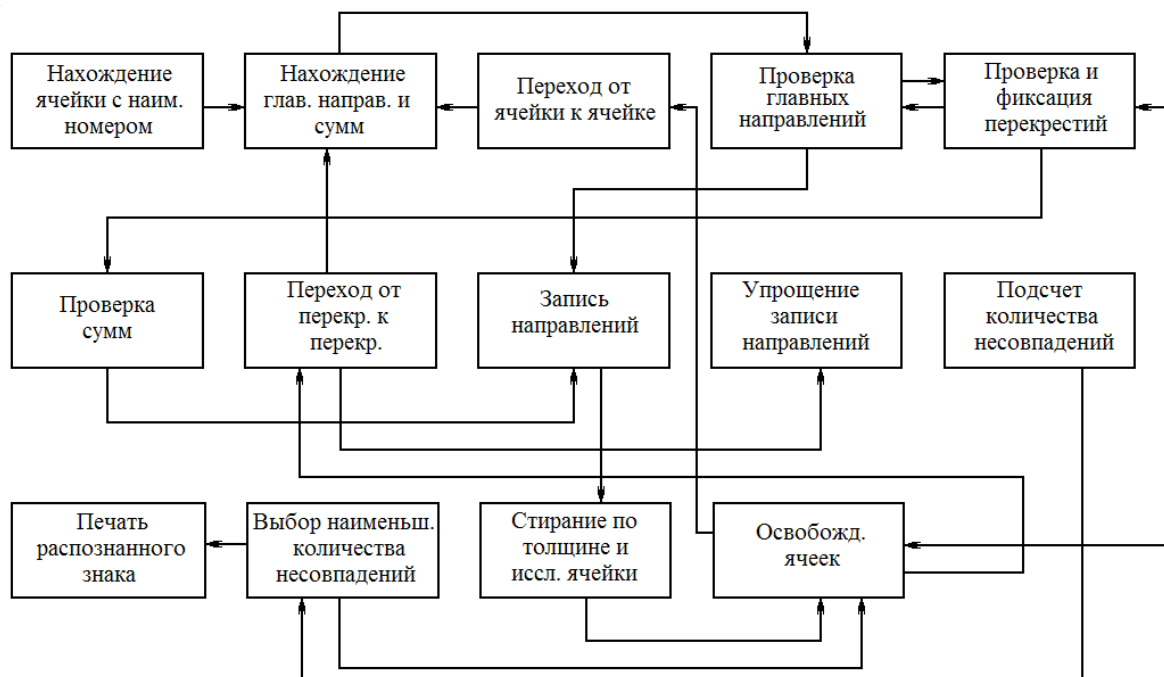


Рис. 1. Структурная схема разработанной программы

При обходе по контуру встречаются случаи, когда выявляются лишь направления, где количество заполненных ячеек меньше веса (так называемой суммы). Обход тогда совершается в сторону направления, имеющего наибольшую сумму ячеек.

Знак после обхода представляется в виде номеров главных направлений и номеров направлений от некоторых сумм.

Если при исследовании заполненной ячейки по восьми направлениям встречается несколько главных направлений или в отсутствии главных направлений несколько одинаковых сумм, обход производится в сторону направления с наименьшим номером.

В таком случае для оставшихся главных направлений заполненная ячейка запоминается как перекрестие. Если обход не дает больше ни главного направления, ни суммы (т.е. исчерпан), он либо заканчивается, либо при наличии перекрестий продолжается, начиная от перекрестия с наименьшим номером и т.д. до тех пор, пока не будут исследованы все главные направления, т.е. пока не будет обойден весь контур знака.

Во время обхода по направлениям производится так называемое стирание по толщине и стирание исследованной ячейки, т.е. стирание содержимого заполненных ячеек, составляющих толщину линий знака, и стирание содержимого исследованной по восьми направлениям ячейки. Это делается для того, чтобы толщина линий не

изменяла направление обхода (в противном случае линия будет обходить несколько раз) и чтобы исключить возможность обхода по только что пройденному пути.

После обхода знака по направлениям полученная последовательность упрощается с целью исключения нехарактерных наклонов вертикальных и горизонтальных линий, т.е. их выпрямления и с целью исключения нехарактерных отклонений наклонных линий. Полученная упрощенная запись знака по направлениям сравнивается со стандартными видами для его определения.

Фотоэлектронная система считывания содержит следующие основные элементы: передающую телевизионную трубку, генератор строчной развертки, генератор кадровой развертки, усилитель, триггер Шмидта, пересчетное устройство, схему совпадений, генератор запуска (рис.2).

В результате экспериментов с использованием фотоэлектронной системы считывания и компьютера была выбрана оптимальная прямоугольная матрица запоминающего устройства компьютера, состоящая из 31 ячейки по горизонтали и 32 ячеек по вертикали (31x32). Исходя из этого, генераторы строчной и кадровой разверток создавали на экране передающей телевизионной трубки растр, состоящий из 32 горизонтальных строк, смещённых по вертикали друг относительно друга [2].

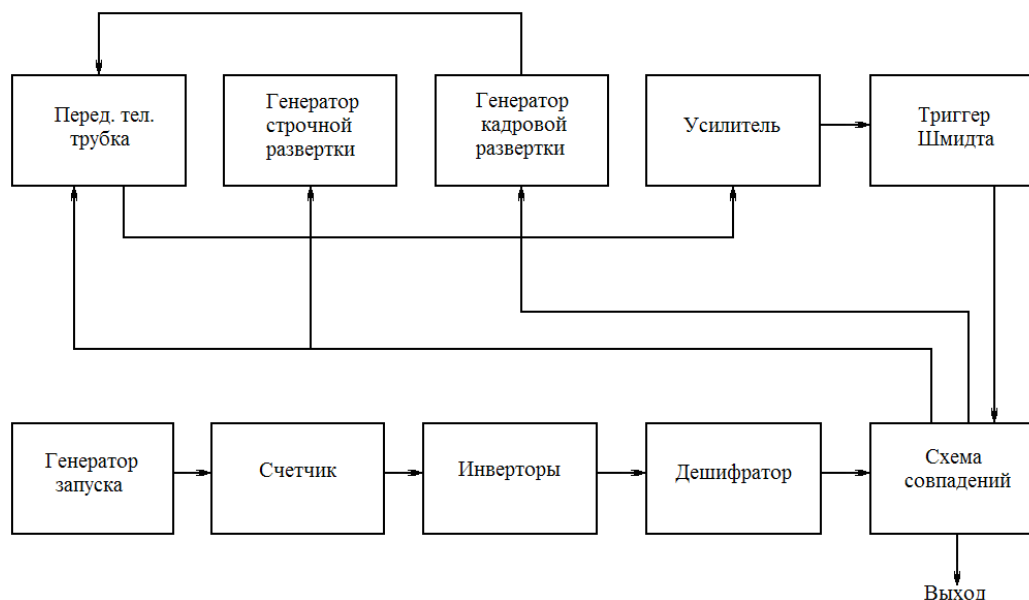


Рис. 2. Структурная схема фотоэлектронной системы считывания знаков

Возникающие на нагрузке передающей телевизионной трубки электрические импульсы, соответствующие элементам изображения знака, усиливаются усилителем и преобразуются триггером Шмидта в прямоугольные электрические импульсы, поступающие на определенные входы схемы совпадений. Генератор запуска воздействует на пересчетное устройство, состоящее из счётчика импульсов, инверторов и дешифратора, которое также создает прямоугольные импульсы, подающиеся на другие входы схемы совпадений. Когда импульсы, образуемые на выходе триггера Шмидта и выходах пересчётного устройства, совпадут по времени, на выходах схемы совпадений создаются прямоугольные импульсы, которые поступают в ячейки матрицы запоминающего устройства компьютера (31x32 ячеек).

Остановимся на выборе количества ячеек матрицы запоминающего устройства компьютера. На распознаваемость печатных знаков по разработанному методу распознавания исследовались прямоугольные матрицы, состоящие из разного количества ячеек. Для каждой матрицы подсчитывались распознаваемые печатные знаки разных шрифтов русского алфавита. Для сравнительной оценки различных матриц была введена величина  $\Psi$ , характеризующая нераспознаваемость букв в зависимости от количества ячеек матрицы с учетом вероятности появления букв русского алфавита в тексте  $P_i$ :

$$\Psi = 1 - \sum_{i=1}^{b_x} P_i,$$

где  $b_x$  – количество распознаваемых букв относительно определенной матрицы, состоящей из  $X \times X$  ячеек. На основании экспериментальных данных был построен график  $\Psi = f(X)$ , где  $X$  – количество ячеек столбца или ряда прямоуголь-

ной матрицы. Величина  $\Psi$  уменьшалась с ростом  $X$  и при  $X > 12$  становилась равной нулю. Для каждой матрицы составлялись стандартные виды. Были построены графики  $\frac{m}{n} = f(X)$ , где  $n$  – количество распознаваемых печатных знаков для определенной матрицы, а  $m$  – соответствующее печатным знакам количество стандартных видов. Величина  $\frac{m}{n}$  уменьшалась с ростом  $X$ .

Для восприятия печатных знаков изначально была выбрана матрица, состоящая из 25 x 25 ячеек, так как для нее все печатные знаки разных шрифтов распознавались ( $\Psi = 0$ , если пренебречь нераспознаваемостью букв «ш» и «щ» друг относительно друга) и количество стандартных видов печатных знаков для этой матрицы оказалось малым. Однако затем использовалась матрица, состоящая из 31 x 32 ячеек, чтобы увеличить надежность распознавания печатных знаков.

Авторы посчитали, что наиболее целесообразно использовать следующую формулу для оценки надежности распознавания печатных знаков, которая учитывает вероятность их появления в тексте:

$$P = \frac{m}{nS} \sum_{i=1}^S P_i \frac{r}{n},$$

где  $m$  – число правильно прочитанных знаков,  $S$  – число подлежащих распознаванию знаков алфавита,  $n$  – число испытаний для каждого знака,  $P_i$  – вероятность появления знаков в тексте,  $r$  – число правильно распознаваемых знаков для одного смыслового символа. Максимальная надежность распознавания знаков составила  $P_{\max} = 0,98$ , что определялось нераспознаваемостью букв «ш» и «щ» друг относительно друга.

Все остальные знаки алфавита распознавались по предложенному методу распознавания. Надежность распознавания зависела от качества печатания текста и оказывалась меньше максимальной в связи с непропечатанными полностью знаками и размытыми линиями знаков.

Остановимся на результатах исследования читающего устройства. Для обеспечения высокой надежности распознавания печатных знаков было предусмотрено:

1. Для описания знаков выбирались признаки, обладающие высокой надежностью и позволяющие распознавать знаки разных печатных шрифтов;

2. В процессе распознавания знака производилось приведение толщины линий знака к минимальной в одну элементарную ячейку матрицы, и знаки с разной в определенных пределах толщиной линий распознавались одинаково;

3. Знаки вписывались в оптимальную матрицу, обеспечивающую минимальную нераспознаваемость и сравнительно небольшое количество стандартных видов;

4. Толщина линий знаков, вписываемых в оптимальную матрицу, составляла несколько элементов матрицы, т.е. каверны, оставляющие толщину линий знака равной одному элементу матрицы, не сказывались на распознавании;

5. Знаки в определенных пределах могли смещаться относительно строки;

6. Знаки в определенных пределах могли иметь разный масштаб;

7. В процессе распознавания знака происходила ликвидация нехарактерных наклонов основных линий знака, так что знак в целом по отношению к вертикали и перекладины, стойки, наклонные линии по отношению к характеризующим их направлениям могли в определенных пределах по разному быть ориентированными;

8. В процессе распознавания знака определенные дефекты, нехарактерные декоративные украшения знаков ликвидировались;

9. Сравнение записи знака по направлениям со стандартными видами происходило не путем простого сравнения, а с подсчетом количества несовпадений;

10. Стандартные виды составлялись:

а) с учетом характерных признаков печатных знаков от разных шрифтов;

б) в стандартные виды дополнительными признаками входили некоторые суммы.

Если оптическая система фотоэлектронной системы считывания настроена таким образом, что самые высокие заглавные знаки составляют по высоте на экране передающей телевизионной трубки 4.6 мм, и это соответствует оптимальной матрице, состоящей из 31x32 ячеек, то согласно

проведенным исследованиям следует отметить следующее:

1. Из печатных букв и цифр разных шрифтов русского алфавита лишь буква «щ» не распознавалась для каждого шрифта относительно буквы «ш»;

2. Распознаваемым буквам и цифрам разных шрифтов русского алфавита соответствует 62 стандартных вида, составленных с точки зрения надежного распознавания печатных знаков разных шрифтов;

3. Толщина линий знака могла изменяться от 0,2 мм до 0,6 мм;

4. Перекладины, стойки, наклонные линии знаков могли изменяться по длине от 4,6 мм до 1 мм;

5. Расстояние между знаками должно быть больше 0,2 мм;

6. Перекладины, стойки, наклонные линии знака по отношению к характеризующим их направлениям и знак в целом по отношению к вертикали могли изменять ориентировку на угол до  $\pm 20^{\circ}$ ;

7. Декоративные украшения, каверны, уменьшающие толщину линий знака до 0,2 мм, не сказывались на распознавании;

8. Самые высокие заглавные знаки могли смещаться относительно строки на  $\pm 0,2$  мм (соответственно строчные знаки могли смещаться больше).

Эксперименты, проводимые с помощью фотоэлектронной системы считывания и компьютера, позволили выбрать оптимальную матрицу запоминающего устройства компьютера, повысить надежность распознавания знаков и экспериментально подтвердили основные положения разработанного метода распознавания компьютером печатных знаков разных шрифтов и других символов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Полный алгоритм рационального метода распознавания компьютером печатных знаков разных шрифтов и других символов / Э.М.Пинт, И.И.Романенко, И.Н. Петровнина, К.А. Еличев / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, № 1.-2013.-с.145-148.

2. Пинт Э.М., Романенко И.И., Еличев К.А. Основные особенности читающей системы/ Материалы за 8-а международнаучна практична конференция «Найновитенаучни достижения, 2012». Том 32-2012.-с.7-9, София «БЯЛ ГРАД-БТ».