

УДК 004.4

## ВОЗМОЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ АВТОАДАПТИВНЫХ ШРИФТОВ

**Чередниченко И.Н.**, с.н.с, Межведомственный суперкомпьютерный центр РАН,  
E-mail: inch@jssc.ru, Москва, Россия

**Аннотация.** В статье представлены задачи, для решения которых возможно использовать методы, алгоритмы и программные средства построения автоадаптивных шрифтов. Для получения векторов признаков графических объектов использован контурный метод и его Фурье-преобразование. Приведены примеры решения сопряжённых задач с использованием технологии автоадаптивного шрифта.

**Ключевые слова:** неформатные графические документы, автоадаптивный шрифт, технология автоадаптивного шрифта, обработка неформатных документов, аппаратно-программный комплекс (АПК).

## ENABLING TECHNOLOGY AUTO-ADAPTIVE FONTS

**Cherednychenko I.**, Senior Researcher, Joint Supercomputer Center of the RAS,  
E-mail: inch@jssc.ru, Moscow, Russia

**Abstract.** The paper deal with the tasks which demands of methods, algorithms, and programs to build auto-adaptive prints. To obtain the set of the sign-vectors for graphical objects the contour method in Fourier analysis is used. The isolation of the contours on the initial images is attained with implementation of the “marking squares” method. The functional structure of the APC-complex is also discussed. The possible ways of solution some conjugated problems on the basis of the auto-adaptive print technology are suggested.

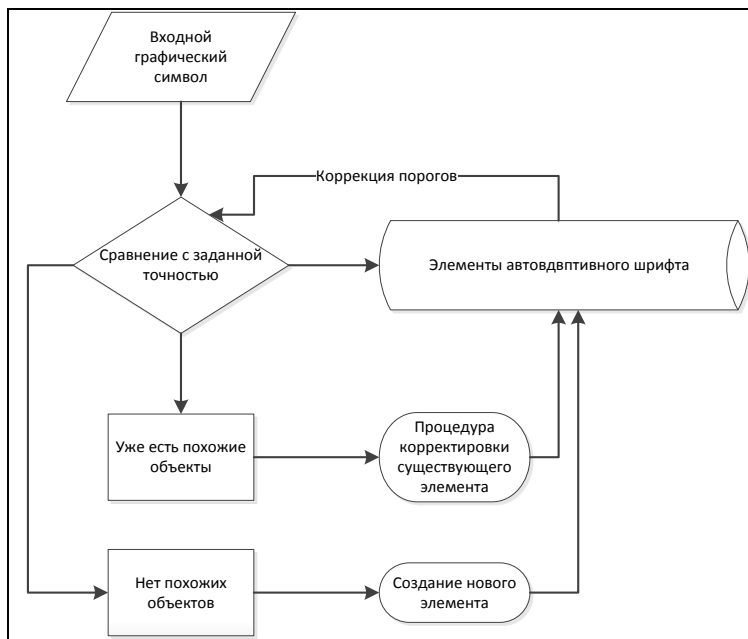
**Keywords:** non-format documents, auto-adaptive print, auto-adaptive print technology, non-format document processing, apparatus-program complex (APC).

### Введение

Технология формирования автоадаптивных шрифтов, использованная при создании типовой схемы аппаратно-программного комплекса (АПК) обработки для неформатных графических документов, построена на методе кластеризации похожих графических объектов.

По этой схеме был создан АПК по обработке неформатных графических документов (1). Основная идея метода состоит в том, что разбиение графического документа на объекты, мельче, чем буквы – далеко не всегда эффективно при решении задачи обработки неформатных графических документов. Действительно, если смотреть на любой графический документ с позиции пользователя, то изначально и основными «кирпичиками», определяющими восприятие текстового материала будут, прежде всего, изображения букв и их сочетаний. В связи с этим, строится расширяемый адаптивный словарь, но уже на более высоком уровне графических объектов,

максимально приближенным к соответствующим буквам, а, по сути, к их шрифтам, составляющих графический документ.



**Рис.1. Блок-схема метода построения автоадаптивного шрифта, положенная в основу АПК.**

Поэтому, проведя предварительную обработку графического документа и выделив в нем все отдельные объекты, соответствующие уровню букв и шрифтов, можно построить уникальный расширяемый словарь графических объектов, адаптированный к данному графическому документу. Словарь автоматически корректируется по мере обработки графических объектов и накопления статистической информации для каждого нового документа. Именно этот адаптивный расширяемый словарь графических букв, шрифтов и других объектов автоматизированной обработки конкретного документа условно назван нами «автоадаптивным шрифтом», а совокупность методов его применения - «технологией построения автоадаптивного шрифта» (2) (3).

### **Реализация технология построения автоадаптивного шрифта**

Для реализации технологии построения автоадаптивного шрифта необходимо было решить несколько проблем, связанных с представлением графических объектов, входящих в документ, выбора метрики для сравнения таких объектов и их кластеризации.

В процессе разработки методов решения этих задач, выяснилось, что полученные результаты имеют более широкое применение.

Возникло несколько сопряженных задач, которые неплохо решаются с использованием разработанной технологии:

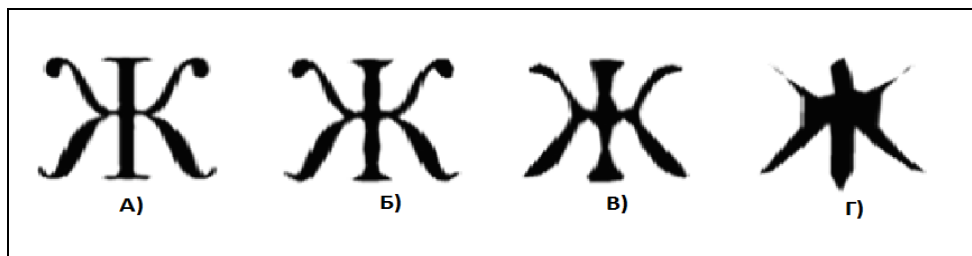
- задача минимизации интернет-траффика при работе с неформатными электронными документами
- задача контекстного поиска текстовой информации в многостраничных графических документах
- задача распознавания отдельной рукописной информации, полученной с перьевого и рукописного ввода
- задача идентификации личности по подписи субъекта и рукописному многократному паролю
- задача генерации произвольных документов, выполненных стилем и почерком конкретного субъекта.

Частично решение этих задач было использовано в реализации АПК, частично было опробовано в отдельных программах.

Одной из сопряженных задач, использованной в АПК, является задача минимизации интернет-траффика при работе с неформатными электронными документами. Технические требования к электронным библиотекам (взято из технических требований электронной библиотеки научного наследия РАН (4)) подразумевают сканирование и хранение электронных документов с разрешением 600 dpi (точек на дюйм).

Получаемое при этом качество документа позволяет сделать очень хорошую копию на высококачественном принтере, и эта копия весьма мало будет отличаться от оригинала. Но, в большинстве случаев, например, при просмотре документов на экране монитора более чем достаточно разрешения 120 или даже 64 dpi. А выставление в общий доступ полноценной копии с разрешением 600 dpi, помимо проблем с большим размером передаваемого по сети изображения, вполне может привести к несанкционированному копированию первоисточника и проблемами с правопреемниками и авторскими правами. Чтобы избежать этих коллизий для электронных публикаций документов, предполагается использовать свойство автоадаптивного шрифта, позволяющее регулировать выходное качество документа. Речь идет о том, что при восстановлении шрифта при обратном Фурье преобразовании, вполне возможно разумно уменьшать количество коэффициентов, участвующих в восстановлении информации, что иллюстрируется серией изображений увеличенной буквы "Ж" на рисунке 2.

Решение задачи контекстного поиска текстовой информации в многостраничных неформатных графических документах было использовано в АПК в упрощенном виде. Следует отметить, что в современных системах электронных библиотек, публикующих свои документы, содержащие от десятков до сотен изображений страниц информации в виде многостраничных TIFF-файлов или других файлов с изображениями, в основном, если не произведена полная процедура оптического распознавания, дополнительно присутствует минимальная аннотация к документу и его оглавление. Таким образом, если необходимо найти в каком месте документа встречается заданная информация, то нужно приложить массу усилий по постраничному изучению всего объема многостраничного документа.



**Рис.2. Качество восстановления объекта в зависимости от использованного количества компонент Фурье разложения.**

Число использованных компонент А)  $n=256$ ; Б)  $n=128$ ; В)  $n=64$ ; Г)  $n=16$ .

При использовании технологии автоадаптивного шрифта, появилась возможность организовать поиск текстовой информации внутри графического документа для которого не проведена процедура полного оптического распознавания. В практической реализации была опробована версия с использованием виртуальной экранной клавиатуры, которая динамически генерируется из самого автоадаптивного шрифта, а все объекты, удовлетворяющие заданному условию, выделены цветом (рис. 3).

Задача идентификации личности по подписи субъекта на основе технологии построения автоадаптивного шрифта была реализована отдельной программой SIGN-REC (5).

Система ввода была построена на основе устройства планшетного ввода. В результате сразу получалась последовательность координат, которую можно рассматривать как контур, заданный параметрически, который далее по технологии автоадаптивного шрифта заносился в одну из ячеек. Во время обучения системы последовательно вводилось несколько образцов подписи. В результате получалась что

в ячейке автоадаптивного шрифта хранились параметры образцов подписи из обучающей последовательности:  $\xi$  - математическое ожидание, а  $\sigma$  - среднеквадратическое отклонение.

Задача идентификации личности по подписи субъекта на основе технологии построения автоадаптивного шрифта была реализована отдельной программой SIGN-REC (5). Система ввода была построена на основе устройства планшетного ввода. В результате сразу получалась последовательность координат, которую можно рассматривать как контур, заданный параметрически, который далее по технологии автоадаптивного шрифта заносился в одну из ячеек.

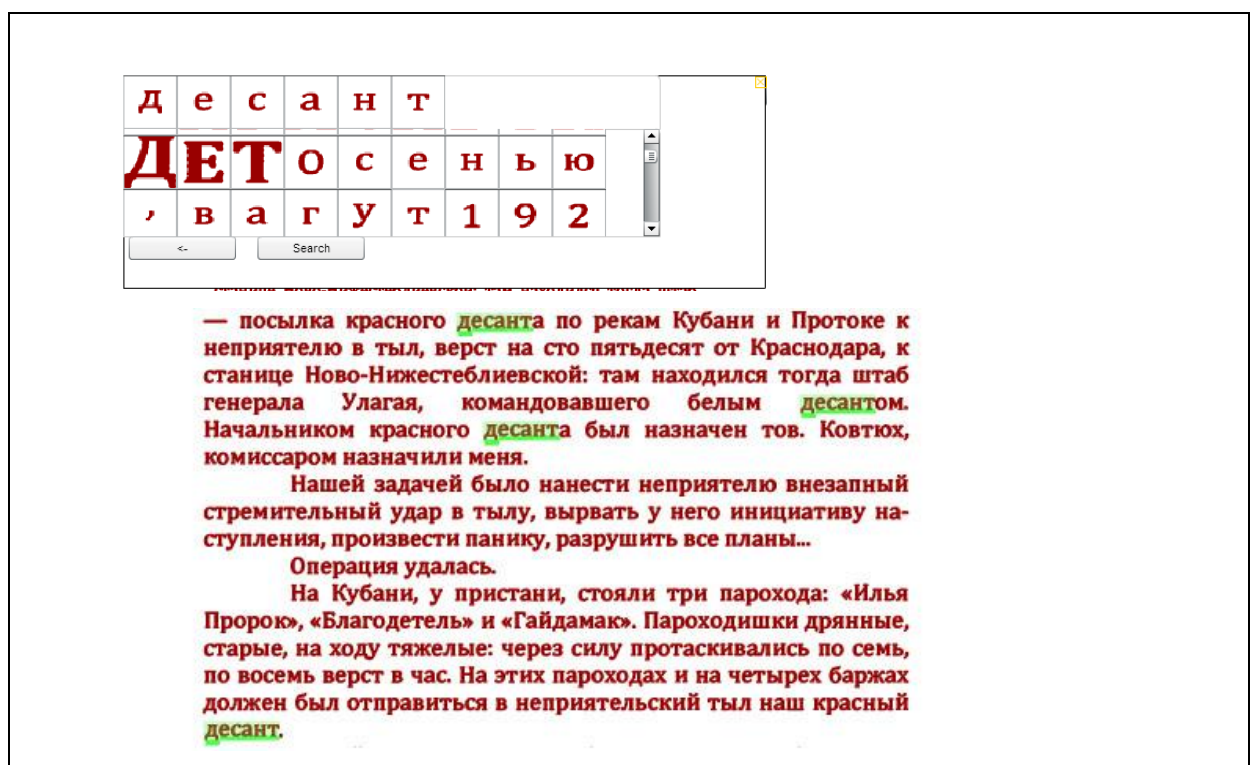


Рис.3. Организация поиска в многостраничном графическом документе с помощью экранной клавиатуры

Во время обучения системы последовательно вводилось несколько образцов подписи. В результате получалась что в ячейке автоадаптивного шрифта хранились параметры образцов подписи из обучающей последовательности:  $\xi$  - математическое ожидание, а  $\sigma$  - среднеквадратическое отклонение.

Зададимся малым числом  $\alpha > 0$  и для каждого компонента нашей случайной величины  $x$  определим радиус  $\varepsilon$  интервала, в который величина  $x_i$  попадает с вероятностью  $p = 1 - \alpha$  (индекс  $i$  пока опустим). Воспользовавшись неравенством Чебышева, имеем:

$$p = 1 - \alpha = P\{|x - \xi| < \varepsilon\} = 1 - P\{|x - \xi| \geq \varepsilon\} \geq 1 - \frac{\sigma^2}{\varepsilon^2},$$

(1)

где  $\xi$  - математическое ожидание, а  $\sigma$  - среднеквадратическое отклонение исследуемого элемента базы данных. Поскольку неравенство Чебышева дает оценку сверху для соответствующей вероятности, естественно положить

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{\sqrt{\alpha}}.$$

(2)

Из (1) и (2) вытекает стратегия определения пороговых значений  $\varepsilon_j^k$ ,  $k \in K$ ,  $j = \overline{1, n}$ . Действительно, если распознаваемый объект  $x$  принадлежит исследуемому классу  $U^k$ , то с вероятностью  $p = 1 - \alpha$  выполняются неравенства

$$f_j(x, u^k) - \varepsilon_j^k = |x_j - \xi_j^k| - \frac{\sigma_j^k}{\sqrt{\alpha}} < 0, \quad j = \overline{1, n}.$$

(3)

Вычислим верхнюю (наихудшую) оценку вероятности подлинности объекта:

$$|x_j - \xi_j^k| - \frac{\sigma_j^k}{\sqrt{\alpha}} < 0 \Rightarrow |x_j - \xi_j^k| - \frac{\sigma_j^k}{\sqrt{1-p}} < 0 \Rightarrow |x_j - \xi_j^k| < \frac{\sigma_j^k}{\sqrt{1-p}}$$

$$p > 1 - \frac{(\sigma_j^k)^2}{|x_j - \xi_j^k|^2}$$

Отсюда, вероятность подлинности объекта будет

$$p = \max\left(1 - \frac{(\sigma_j^k)^2}{|x_j - \xi_j^k|^2}\right)$$

(4)

Применив последовательно данное соотношение ко всем элементам исследуемого вектора признаков, мы получим числовую оценку истинности объекта и после этого уже можем принимать решение о подлинности или подделке вводимой подписи.

Задача распознавания отдельных рукописных объектов (букв, цифр или каких-либо специальных знаков) – безусловно, основная в общей проблеме распознавания рукописного текста при дигитайзерном способе ввода данных.

Специфические условия конкретного приложения, несомненно, сказываются на программной реализации метода. Например, при начертании знаков стенографии все символы пишутся одним росчерком пера, т.е. без отрыва пера от поверхности дигитайзера. Это позволяет фиксировать начало и конец входного контура по положению пера “pen-up”. При начертании букв латинского алфавита это невозможно, т.к. для написания букв i, j, t необходимо поднимать перо.

В простейшей ситуации, когда один входной контур соответствует одному объекту, программа интерпретирует отрыв пера от поверхности дигитайзера как завершение ввода графического символа и производит распознавание в реальном масштабе времени сразу же после окончания ввода.

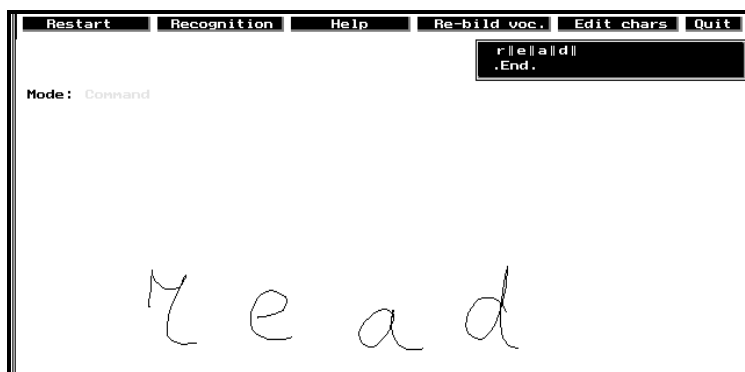


Рис. 4. Копия рабочего экрана программы, реализующей распознавание рукописных объектов на основе процедуры обучения с учителем.

На рисунке приведена копия экрана компьютерной программы, реализующей этот принцип обработки графической информации с использованием технологии автоадаптивного шрифта (6).

Полная задача генерации произвольных документов, выполненных стилем и шрифтом конкретного неформатного графического документа рассматривалась только теоретически. Все компоненты для программной реализации такой системы разработаны и отлажены, но практической реализации выполнено не было.

Однако, все эти же программные компоненты использовались при написании отладочной программы просмотра получаемого автоадаптивного шрифта, которая на упрощенном уровне реализует эту идею.

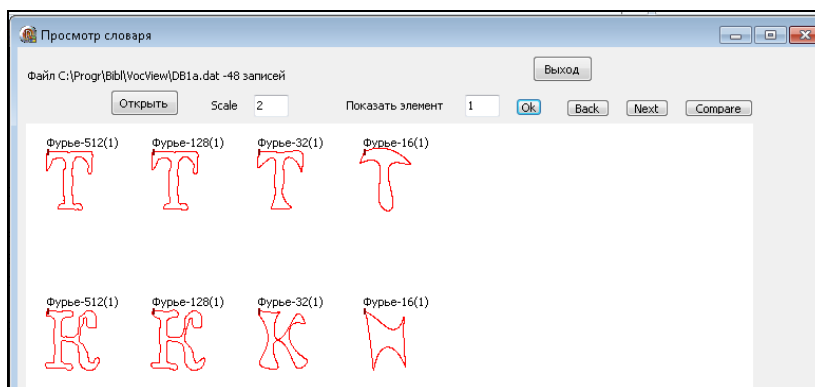


Рис. 5. Копия рабочего экрана программы, реализующей просмотр компонент автоадаптивного шрифта.

### Заключение

Все приведенные примеры применения технологии автоадаптивных шрифтов направлены на то, чтобы показать, что использованные математические подходы содержат большие потенциальные возможности и открывают новые области для продолжения исследований по этой тематике.

### Список литературы

1. Система публикаций документов в электронных библиотеках с использованием автоадаптивного шрифта. Чередниченко И.Н., Гурзуф, Крым: Приложение к журналу «Открытое образование» Материалы XXXX-ой Международной конференции и X Международной конференции молодых ученых «Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе» IT+SE'12, Майская сессия, 2012. стр. 186-189.
2. Березнев В.А., Сотников А.Н., Чередниченко И.Н. Адаптивная статистическая модель распознавания образов. Информационные технологии и вычислительные системы. 1996 г., № 1, стр. 55-63.
3. Построение авто-адаптивного фонта в документах электронных библиотек. Сотников А.Н., Чередниченко И.Н. Тверь: Программные продукты и системы, №2(82), 2008 г. ISSN 0236-235X.
4. <http://nasledie.enip.ras.ru/index.html>. Научное Наследие РАН. [В Интернете]
5. Чередниченко И.Н. Построение системы биометрической идентификации. Программные продукты и системы. 2007 г., № 2, стр. 20-22.
6. Березнев В.А., Волков А.Ю., Чередниченко И.Н. Об использовании преобразования Фурье в задаче распознавания рукописного текста. Вопросы моделирования и анализа в задачах принятия решений. ВЦ РАН, 2003 г., стр. 153-159.