

# Метод автоматического кернинга рукописных символов<sup>1</sup>

А.Б. Семенов

Тверской государственный университет, Тверь, Россия

[semenov@tversu.ru](mailto:semenov@tversu.ru)

## Аннотация

В статье исследуется проблема автоматического кернинга (визуальное выравнивание межбуквенных расстояний) для рукописных символов, представленных в виде жирных линий – однопараметрических семейств кругов переменного радиуса с центрами на гладких кривых. Демонстрируется возможность вывода рукописных символов при различных значениях минимально допустимых межбуквенных расстояний. Предложенная в статье идея может быть использована при разработке шрифтовых редакторов рукописных символов.

**Ключевые слова:** жирная В-сплайновая кривая, скелет бинарного образа, циркулярный символ, векторный рукописный шрифт, автоматический кернинг, персональный почерк

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Современный компьютерный шрифт представляет собой совокупность изображений символов, а также набор инструкций и правил для корректного отображения литер при растеризации. Одним из примеров таких правил выступает визуальное выравнивание межбуквенных расстояний (кернинг) при выводе текста на растровые устройства [2]. Практически в любом тексте могут встретиться такие сочетания знаков и символов, которые будут образовывать визуальные просветы, сгущения и тем самым привносить некий дискомфорт в ритм чтения текста. Особенно остро эта проблема проявляется при крупном размере шрифта. Раньше, когда шрифт представлял собой набор металлических «кубиков» с выгравированными изображениями символов, проблемой кернинга практически не занимались. В исключительных случаях приходилось вручную производить подпиливание металлических литер, чтобы устранить визуальный просвет. С появлением же вычислительной техники механизм визуального выравнивания межбуквенных расстояний стал неотъемлемой частью наборного шрифта. Особенностью задачи кернинга является квадратичная зависимость количества образующихся кернинговых пар от общего числа символов в шрифте. Так, например, шрифт, состоящий из кириллицы, латиницы и десяти цифр (от нуля до девяти), образуют алфавит объемом 128 символов. Количество же кернинговых пар при этом (каждый символ с каждым) достигает  $128 \cdot 128 = 16384$  штуки. Хотя на самом деле существуют кернинговые пары, которые практически не встречаются в

текстах. Тем не менее, обработка такого объема информации вручную представляет собой заведомо трудоемкую задачу. Поэтому разработка автоматического метода визуального выравнивания межбуквенных расстояний символов является весьма актуальной задачей. Следует отметить, что для рукописного шрифта проблема кернинга представляет большую, чем в типографских наборных шрифтах, значимость. Ниже представлен пример рукописных слов без механизма кернинга и с ним (рис. 1). Для наглядности показаны также минимальные прямоугольники каждого символа.

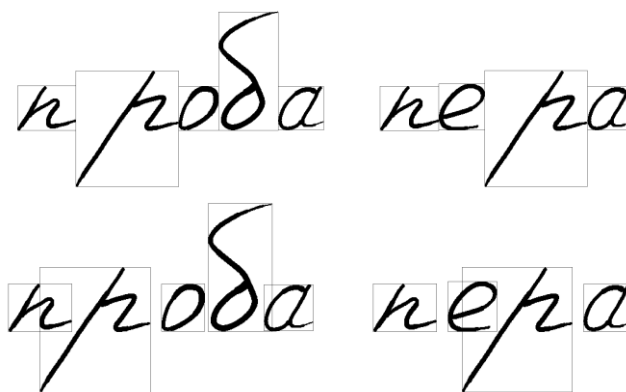


Рис. 1: Рукописные слова без кернинга и с ним

Самым распространенным способом описания шрифта в персональном компьютере является граничный. Контур символа формируется из сегментов элементарных кривых Безье второго (TrueType) и третьего (PostScript) порядков [1]. Однако использование подобного математического аппарата для описания контура символов имеет ряд недостатков. При изменении форму литеры путем деформации границы необходимо поддержание гладкости составных кривых Безье на автоматическом уровне, что является не совсем тривиальной задачей. Кроме того, контурное описание символов не позволяет достаточно просто реализовать синхронное изменение обеих границ штриха в задаче «оживления» почерка. Поэтому преодоление указанных недостатков авторы видят в представлении рукописных символов через модель следа пера «с шириной» [3], которое обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами описания (рис. 2). Это и автоматическое сохранение гладкости контура при различных деформациях символа, это и возможность синхронной вариации ширины штриха, это и создание эффекта «оживления» почерка через внесение небольших динамических изменений в форму символов. Предметом исследования настоящей статьи является разработка

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 05-01-00542) и компании INTEL-Россия.

автоматического метода кернинга для рукописных символов, описанных через модель следа пера «с шириной».

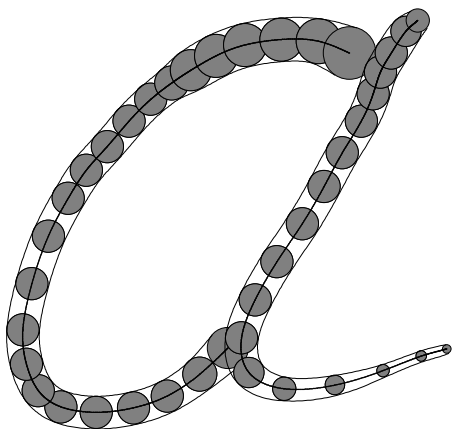


Рис. 2: Рукописный символ из жирных линий

## 2. ОПИСАНИЕ СИМВОЛОВ С ПОМОЩЬЮ ЛИНИЙ С ШИРИНОЙ

Линия с шириной является распространенным геометрическим примитивом в компьютерной графике. В настоящей работе линия с шириной представляется как след от движения круга переменного радиуса вдоль гладкой траектории конечной длины [6]:

$$\bigcup_{t \in [a,b]} C_t = \{(x, y) \in R^2 : (x - u(t))^2 + (y - v(t))^2 \leq r(t)^2\}.$$

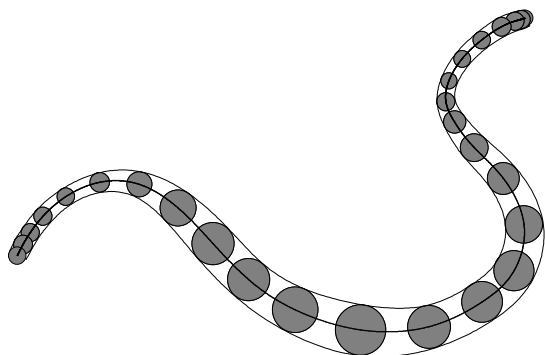


Рис. 3: Жирная линия

В качестве математического аппарата для описания подобных примитивов используются кубические В-сплайны [5]. С их помощью задаются как ось жирной линии, так и величина радиуса (ширина) (рис. 3).

Элементарная жирная В-сплайновая кривая третьего порядка [5] задается следующим векторным уравнением:

$$C(t) = (x(t), y(t), r(t)) = \frac{1}{6} \sum_{i=0}^3 B_i(t) H_i,$$

где  $t \in [0,1]$  - параметр кривой,  $H_i = \{H_{ix}, H_{iy}, H_{ir}\}$  - семейство контрольных кругов с центрами в точках  $(H_{ix}, H_{iy})$  и радиусами  $H_{ir}$ ,  $B_i(t)$  - базовые функции В-сплайна третьей степени, имеющие следующий вид:

$$B_0(t) = (1-t)^3$$

$$B_1(t) = 3t^3 - 6t^2 + 4$$

$$B_2(t) = -3t^3 + 3t^2 + 3t + 1$$

$$B_3(t) = t^3$$

Каждый контрольный круг  $H_i$  представляет собой трехмерный вектор.

Модель описания рукописных символов такими примитивами позволяет представить сканированный растровый образец литеры семейством непрерывных гладких примитивов – жирных линий. Идея такого метода подробно описана в [3]. Суть метода заключается в следующем:

- пользователь пишет от руки на бумаге символы;
- изображение заносится в компьютер с помощью сканера;
- каждый символ выделяют в виде отдельного бинарного образа;
- строят непрерывный скелет (серединные оси) для каждого образа [4];
- аппроксимация ветвей скелетного графа жирными линиями [5].

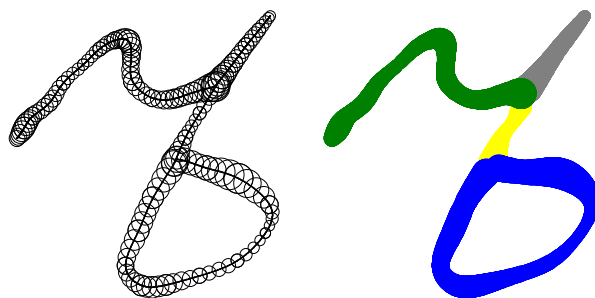


Рис. 4: Аппроксимация ветвей скелета

Полученные в результате аппроксимации растровых образов жирные линии и представляют собой описание всего рукописного шрифта.

Основной проблемой, с которой столкнулись авторы в [3] при проектировании полноценного рукописного шрифта – это визуальное выравнивание межбуквенных расстояний огромного количества кернинговых пар вручную. В данной работе предлагается метод по автоматизации этого труда.

## 3. ОПИСАНИЕ МЕТОДА

Кернингом называется изменение расстояния между парами символов для достижения оптимальной сбалансированности текста. Из-за особенностей формы некоторых пар символов создается иллюзия того, что расстояние между ними больше или меньше фактического. Кернинг бывает ручной и автоматический. При ручном кернинге критерием оптимальной сбалансированности текста является субъективное чувство дизайнера. Предлагаемый метод автоматического кернинга рукописных символов включает в себя следующие шаги:

- растеризация кернинговой пары символов на общей базовой линии раstra (рис.5);

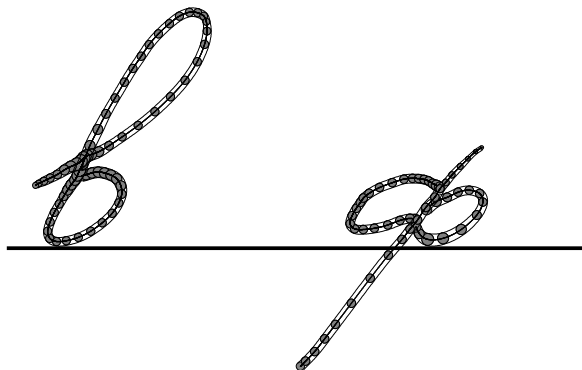


Рис. 5: Кернинговая пара

- сканирование горизонтальной прямой «сверху вниз» с шагом 1 пиксель;
- при каждом положении сканирующей прямой определяются самая восточная и самая западная точки пересечения для левого и правого символа кернинговой пары соответственно (рис. 6);

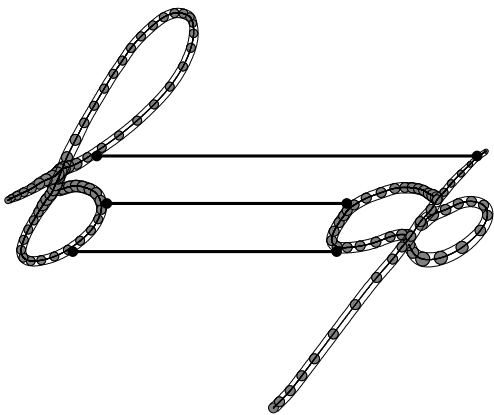


Рис. 6: Сканирование горизонтальной прямой

- определяется положение сканирующей прямой, при котором расстояние между найденными точками на предыдущем шаге, минимально (рис. 7);

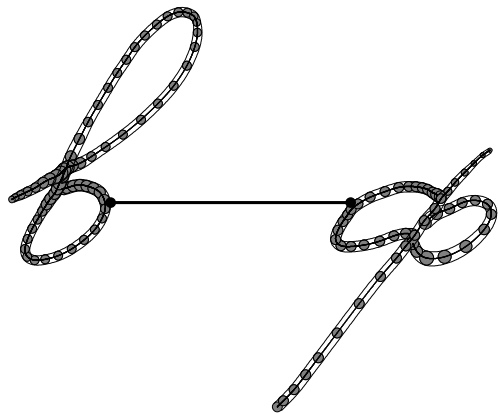


Рис. 7: Ближайшее расстояние между символами

- правый символ кернинговой пары смещается горизонтально (вправо/влево) так, чтобы минимальное расстояние между символами равнялось наперед заданной константе.

Эта величина будет характеризовать минимально допустимое горизонтальное расстояние между двумя символами кернинговой пары при растеризации. Чем больше это значение, тем больше будет визуальный «просвет» между символами в тексте. В качестве единицы измерения выступает экранный пиксель. Ниже представлен один тот же рукописный текст с различными значениями минимального допустимого параметра близости (рис. 8).

*автора приглашаются к  
представлению результатов  
исследований практических  
разработок и экспериментов  
или новых приложений в  
следующих областях  
компьютерной графики*

*автора приглашаются к  
представлению результатов  
исследований практических  
разработок и экспериментов  
или новых приложений в  
следующих областях  
компьютерной графики*

Рис. 8: Вывод текста с различным кернингом

Следует отметить, что операция автоматического выравнивания межбуквенных расстояний производится для каждой кернинговой пары символов из имеющегося набора. Таким образом, множество всех пар символов образуют так называемую кернинговую таблицу. Ниже приведен пример части подобной кернинговой таблицы для следующего набора символов (рис. 9). Минимальное допустимое межбуквенное расстояние для кернинговых пар равно 20 экранных пикселей.

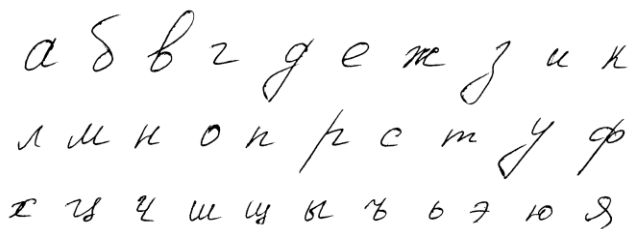


Рис. 9: Набор рукописных символов

	а	б	в	..	э	ю	я
а	19	15	8		-3	11	19
б	-13	-17	-5	..	-7	-29	-21
в	-72	1	-62	..	-66	-88	-80
..	..	..	..	..	..	..	..
э	4	0	19	..	10	-13	-5
ю	16	12	6	..	19	2	12
я	19	15	11	..	9	19	19

Значение элемента кернинговой таблицы, расположенное на пересечении  $i$ -й строки и  $j$ -го столбца, указывают на сколько пикселей вправо/влево необходимо переместить правый символ кернинговой пары при выводе на печать. Положительное значение элемента кернинговой таблицы означает, что правый символ необходимо «отодвинуть» (сместить вправо). Отрицательное же значение говорит о том, что правый символ кернинговой пары нужно «пододвинуть» (сместить влево) к левому символу (рис. 10).

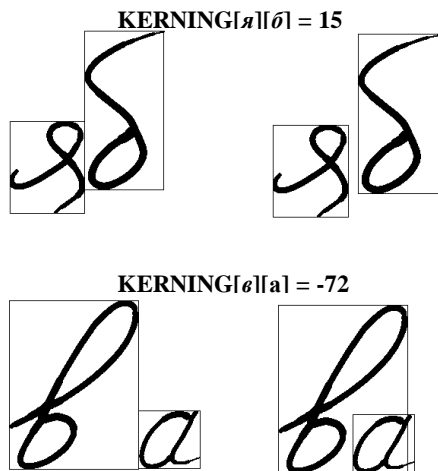


Рис. 10: Варианты кернинга

#### 4. РЕАЛИЗАЦИЯ ПОДХОДА

Предложенный в работе метод автоматического кернинга рукописных символов был программно реализован в виде прототипа шрифтового редактора. Все иллюстративные примеры, приведенные в статье, получены с использованием разработанной программы. Следует отметить, что вычисление кернинговых расстояний для всех пар символов требует некоторых временных затрат. Так, например, для

алфавита представленного выше (рис. 9), время обработки всей кернинговой таблицы заняло порядка 40 секунд. Хотя время работы алгоритма при использовании многоядерных процессоров и параллельного подхода может быть уменьшено.

#### 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное в работе исследование показало, что разработанный метод автоматического кернинга символов, представленных в виде жирных линий, является удобным и эффективным инструментом при моделировании персонального почерка. Главное преимущество предлагаемого подхода заключается в возможности управлять минимально допустимыми межбуквенными расстояниями при выводе текста на печать.

#### 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Барышников Г.М., Бизяев А.Ю., Ефимов В.В., Моисеев А.А., Почтарь Э.И., Ярмола Ю.А. Шрифты. Разработка и использование. – М., Издательство ЭКОМ, 1997.
- [2] Каров П. Шрифтовые технологии. Описание и инструментарий. М.: Мир, 2001.
- [3] Клименко С.В., Местецкий Л.М., Семенов А.Б. Моделирование рукописного шрифта с помощью жирных линий. Труды 16 международной конференции «ГРАФИКОН-2006». Новосибирск, ИВМиМГ СО РАН, 2006.
- [4] Местецкий Л.М. Скелет многосвязной многоугольной фигуры. Труды международной конференции по компьютерной графике «Графикон-2005», Новосибирск, ИВМиМГ СО РАН, 2005.
- [5] Местецкий Л.М., Семенов А.Б. Жирные линии на основе В-сплайнов. Сложные системы: моделирование и оптимизация. Сборник научных трудов. Тверской государственный университет. 2001.
- [6] Mestetskii L.M. Fat curves and representation of planar figures. Computers and Graphics, Vol. 24(1-2), 2000.

#### Авторы

Семенов Андрей Борисович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационных технологий Тверского государственного университета.

E-mail: [semenov@tversu.ru](mailto:semenov@tversu.ru)

### Automatic kerning method of handwritten letters

Andrey Semenov

Tver State University, Russian Federation

#### Abstract

The problem of automatic kerning of the personal hand-written text is considered. Hand-written letter represented as a union of one-parametric family of circles of variable radius with centres on smooth curve. Possibility of printing handwritten letters is shown.