

УДК 004.93

**А.Н. Зборовский**, магистр, компания Люксофт-Украина, г. Одесса,  
**В.С. Ситников**, д-р. техн. наук, проф.,  
Одес. нац. политехн. ун-т,  
**А.В. Денисюк**, магистр, компания Люксофт-Украина, г. Одесса

## МЕТОД АППРОКСИМАЦИИ ШТРИХОВ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ НАРИСОВАННЫХ ОБРАЗОВ

*А.М. Зборовський, В.С. Ситніков, А.В. Денисюк.* **Метод апроксимації штрихів при розпізнаванні нарисованих образів.** Розглянуто існуючі методи розпізнавання нарисованих образів і місце апроксимації штрихів в цій сфері. Описано метод віконної фільтрації, що успішно справляється з задачею апроксимації “ступінчатих” кривих.

*А.Н. Зборовский, В.С. Ситников, А.В. Денисюк.* **Апроксимация штрихов при распознавании нарисованных образов.** Рассмотрены существующие методы распознавания нарисованных образов и место аппроксимации штрихов в этой сфере. Описан разработанный метод оконной фильтрации, который успешно справляется с задачей аппроксимации “ступенчатых” кривых.

*A.N. Zborovskiy, V.S. Sitnikov, A.V. Denysyuk.* **Method of stroke approximation for shape recognition.** The existing methods of drawn patterns recognition are considered, as well as the place of stroke approximation in this sphere. The window filtering method successfully coping with the step curves approximation problem is described.

Современное развитие общества связано с интенсивным развитием информационных технологий. Ввод любой графической информации в информационную систему всегда является важным и актуальным.

Часто проще и быстрее рисовать схемы от руки, например различного рода диаграммы, принципиальные электрические схемы, молекулярные структуры и даже математические выражения. Поскольку каждый образ состоит из множества штрихов, то конечной задачей при работе с нарисованными графическими образами является распознавание и идентификация наборов аппроксимированных штрихов.

Известен метод распознавания диаграмм (unified modeling language UML), при котором классифицируются штрихи на основе их длины в сравнении с периметром ограничительного квадрата [1]. Однако не совсем четко осуществляется распознавание штрихов, например, буква М может быть распознана как квадрат. Кроме того, редактировать распознанные объекты можно только с помощью серии диалоговых окон, что значительно ограничивает пользователя.

При использовании метода распознавания нарисованных образов на основе анализа угловых точек и их соединений распознаются квадраты и два типа соединений, отличающихся не по геометрическим особенностям нарисованных штрихов, а по их расположению относительно друг друга [2]. Исходя из этого, распознавать можно весьма узкий круг фигур.

Метод распознавания UML диаграмм позволяет распознавать многоштриховые образы по их геометрическим свойствам, что дает возможность рисовать изображение в свободном стиле без всяких ограничений [3]. В методе выполняются следующие операции: предварительная обработка — аппроксимация штрихов; сборка — аппроксимированные штрихи комбинируются в наборы на основе пространственного соотношения между собой; распознавание — наборы распознаются в геометрические фигуры; идентификация — геометрические фигуры идентифицируются в конкретные фигуры UML диаграмм. В процессе идентификации используются не только геометрические свойства штрихов, но и время их нанесения. После появления нового штриха производится его сканирование и предварительная обработка, затем штрих заменяется эллипсом или набором линий и кривых. При этом два штриха входят в один

набор, если расстояние между ними меньше заданного порогового значения. Экспериментально установлено, что наиболее оптимальное пороговое значение — 10 пикселей. Дальше эти наборы могут быть сгруппированы и классифицированы. Недостаток алгоритма — аппроксимация штрихов происходит по мере их поступления, поэтому огромное значение имеет последовательность нанесения штрихов, что налагает некоторые ограничения на свободу рисования.

Рассмотрим существующие методы аппроксимации. Имеет значение, как и чем наносятся штрихи. Так анализ кривизны и скорости движения руки позволяет найти углы схождения сегментов в штрихе [4]. Сегменты — отрезки между точками штриха. Например, точки, в которых сегменты сходятся под маленьким углом, предположительно рассматривать как кандидаты на угловые точки, то же касается и точек, нанесенных с наименьшей скоростью. Недостаток метода — результат работы во многом зависит не столько от того, как выглядит штрих, сколько от того, как именно он рисовался.

Известен метод, в котором между первой точкой  $a$  штриха, называемой якорем, и последней точкой  $b$  — плавающей [5], создается прямая линия  $L$  (рис. 1). Если часть штриха между якорем и плавающей точкой — прямая линия, то якорь передвигается в плавающую точку. Если нет, предлагается искать точку вдоль штриха между якорем и плавающей точкой на максимальном расстоянии  $l$  от линии  $L$ . Эта точка добавляется в список угловых точек и становится новой плавающей точкой. Следующая линия создается между якорем и новой плавающей точкой, и этот процесс повторяется рекурсивно. Когда якорь и плавающая точка сливаются в одну точку, работа метода прекращается. Недостаток метода — для каждого отдельного случая нужно правильно подбирать параметры, чтобы получить качественные результаты, кроме того, он не позволяет распознавать дуги.

Никакой из этих методов аппроксимации качественно не справляется со штрихами, полученными с низкой степенью пространственной дискретизации, например, с диагональной линией, которой при низкой дискретизации будет представлять собой ступенчатую кривую.

Возникает необходимость совершенствования известных методов как распознавания нарисованных образов, так и аппроксимации штрихов, и поиска новых, более прогрессивных с точки зрения повышения степени и скорости распознавания.

Предлагается метод аппроксимации штрихов при распознавании нарисованных образов, позволяющий находить угловые точки в штрихах, и фильтровать искажения, появившиеся из-за мелких дрожаний при рисовании — метод оконной фильтрации.

Исходный штрих представляет собой упорядоченный набор точек, который необходимо перевести в набор сегментов. Один сегмент будет соединять две соседние точки. Работа продолжится с сегментами.

Далее будет описан набор созданных графических фильтров различной направленности, которые составляют основу метода оконной фильтрации. Они используются для фильтрации искажений при рисовании. На вход фильтра может поступать различное количество сегментов — согласно размеру окна. Они обрабатываются в соответствии с предложенным методом фильтрации.

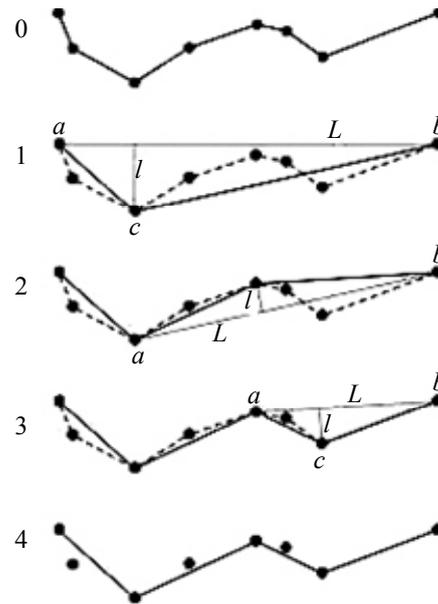


Рис. 1. демонстрация метода Дугласа-Пекера

Основу метода составляет алгоритм фильтрации (рис. 2), результатом работы которого является отфильтрованный набор  $M$  сегментов  $\mathbf{vSegments}$ . В алгоритме для исходного набора  $N > M$  сегментов применяются по очереди предложенные графические фильтры. Меняя фильтры, можно экспериментально подобрать наиболее оптимальный набор из  $K$  фильтров. В алгоритме используются следующие переменные:  $\mathbf{mvFilters}$  — набор  $K$  фильтров, которые будут применяться при фильтрации сегментов  $\mathbf{vSegments}$ ,  $\mathbf{segCount}$  — размер окна, с которым работает текущий  $i$ -й фильтр,  $\mathbf{vSegments}$  — набор сегментов, который фильтруется и передается на выход;  $\mathbf{vTemp}$  — набор сегментов, которые будут переданы  $i$ -му фильтру. Соответственно количество сегментов в наборе равно размеру окна фильтра. Фильтр обрабатывает набор  $\mathbf{vTemp}$  и заносит набор сегментов в вектор  $\mathbf{vResult}$ .

Пример работы набора из пяти графических фильтров, один фильтр выполняет одну операцию (рис. 3):

— если длина каждого из двух последовательных сегментов меньше заданного порогового значения, они объединяются; если нет, анализируются следующие два последовательных сегмента;

— если длина каждого из трех последовательных сегментов меньше заданного порогового значения, они объединяются в один; если нет, они остаются без изменений, и анализируются следующие три последовательных сегмента;

— если угол между двумя сегментами меньше заданного порога, они объединяются в один сегмент;

— если длина среднего из трех сегментов меньше заданного порогового значения, то находится точка в его середине, и из трех сегментов образуется два, сходящихся в найденной точке;

— если у четырех последовательных сегментов угол между первым и вторым, и между вторым и третьим меньше заданного порога, эти сегменты объединяют в один.

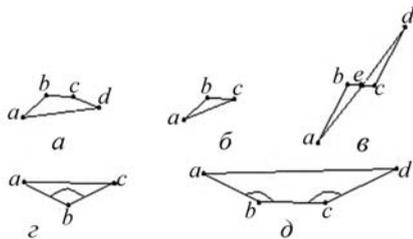


Рис. 3. Принцип работы алгоритма фильтрации. Предполагается, что все длины сегментов меньше заданного порогового значения ( $a \dots v$ ) и все обозначенные углы меньше порогового значения ( $z$ ,

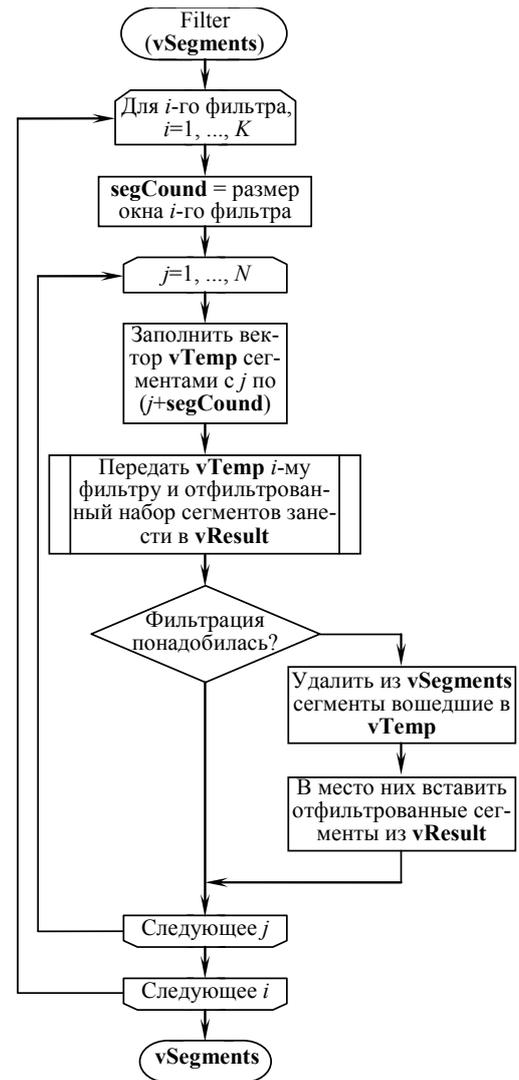


Рис. 2. Блок-схема алгоритма фильтрации набора сегментов

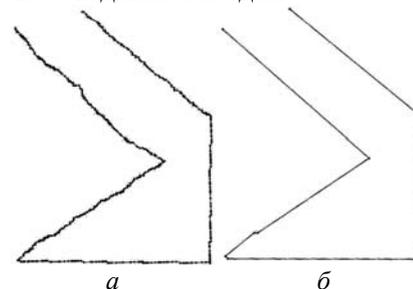


Рис. 4. Результаты работы алгоритма: а — исходные данные, б — результат

д)

Метод фільтрації штрихов перевірен експериментально (рис. 4). Предложений набор графических фильтров успешно справился с задачей аппроксимации произвольного штриха, в частности, при решении задачи аппроксимации диагональных и ступенчатых линий. При реализации предложенного метода параметры фильтров задавались экспериментально и под конкретный интерфейс ввода, с заранее заданными характеристиками.

### Литература

1. An on-line system for recognizing hand drawn UML diagrams / E. Lank, J. Thorley, S. Chen, D. Blostein // Proc. of the Intern. Conf. on Document Analysis and Recognition, ICDAR 2001, Seattle, September 2001. — P. 356 — 360.
1. DENIM: An informal web site design tool inspired by observations of practice / M.W. Newman, J. Lin, J.I. Hong, J.A. Landay // Human-Computer Interaction. — 2003. — Vol. 18, № 3 — P. 259 — 324.
2. Hammond, T. Tahuti: A Geometrical Sketch Recognition System for UML Class Diagrams / T. Hammond, R. Davis // Published at AAAI Spring Sympos.: Sketch Recognition, 2002. — P. 201 — 208.
3. Sezgin, T.M. Sketch based interfaces: Early processing for sketch understanding / T.M. Sezgin, T. Stahovich, R. Davis // Workshop on Perceptive User Interfaces. — Orlando FL, 2001. — P. 120 — 128.
4. Douglas, D.H. Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature / D.H. Douglas, T.K. Peucker // Cartographica: The Intern. J. for Geographic Inform. and Geovisualization. — 1973. — Vol. 10, № 2. — P. 112 — 122.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Тонконогий В.М.

Поступила в редакцию 15 декабря 2010 г.