

О ВОЛНОВОМ АЛГОРИТМЕ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФА ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ

ON THE WAVE ALGORITHM FOR CONSTRUCTING AN IMAGE GRAPH FOR RECOGNITION OF HANDWRITTEN SYMBOLS

Z. Mohammed

Summary. algorithms for constructing a graph of symbols represented by a thin line are Analyzed. It is noted that the methods of OZZ and SPV do not allow to build a graph image. The algorithm proposed by Moskalenko S. V. and Gatchina U. A., uses a wide wave front. This creates a complex problem of determining the midpoint of the wave or several midpoints, if the wave front is split into parts. The algorithm uses a wave front consisting of one pixel that splits into two fronts in the case of branching lines. The algorithm operation ends with the construction of a symbol image tree. Several methods are proposed to construct and simplify the graph.

Keywords: character recognition, wave algorithm, graph images.

Мохаммед Заки Хассан М. Н.

*Аспирант, Воронежский государственный
университет
hmmnz@yahoo.com*

Аннотация. Анализируются алгоритмы построения графа изображения символов, представленного тонкой линией. Отмечается, что методы OZZ и SPV не позволяют построить граф изображения. А алгоритм, предложенный Москаленко С. В. и Гатчиной Ю. А., использует широкий фронт волны. Это порождает сложную проблему определения серединной точки волны или нескольких серединных точек, если фронт волны распадается на части. В алгоритме используется фронт волны, состоящий из одного пикселя, который распадается на два фронта в случае ветвления линии. Работа алгоритма заканчивается построением дерева изображения символа. Для построения и упрощения графа предлагается несколько методов.

Ключевые слова: распознавание символов, волновой алгоритм, граф изображения символов.

При распознавании изображений выделение контуров или скелетов, с последующей векторизацией, является одним из наиболее сложных этапов. Векторизация необходима для уменьшения количества параметров, описывающих изображение. Существующие методы векторизации не позволяют получить достаточно качественный результат одновременно с высокой производительностью и, поэтому, постоянно совершенствуются.

Методы векторизации обычно можно разбить на 4 группы [1], [2]:

1. Методы, использующие преобразование Хафа.
2. Методы, определяющие серединные линии исходных линий:
 - a. алгоритмы утончения;
 - b. алгоритмы скелетизации линий,
 - c. алгоритмы отслеживания контуров (жука).
3. Методы предварительной обработки растрового изображения, которая заключается в его представлении в виде количественных характеристик соседних пикселей с последующим анализом этих характеристик.

4. Разреженно-пиксельные методы, использующие часть пикселей растрового изображения.

Метод OZZ (Orthogonal Zig-Zag рис. 1, б) заключается в отслеживании линий на растровом изображении последовательностями вертикальных и горизонтальных ходов, оканчивающихся при достижении края линии. Недостатком этого метода является невозможность построения разветвленных линий.

Метод SPV (Sparse Pixel Vectorization рис. 1, в) обеспечивает более точное построение траектории по сравнению с OZZ, отличаясь более сложной, но точной процедурой поиска первой точки линии на растровом изображении и использованием одинаковых циклов ходов для любых линий [4].

Волновой метод [4, 6], в отличие от OZZ и SPV, обеспечивают отслеживание линий на древовидном растровом изображении. Волновые методы могут быть сплошными [4] — они отслеживают все пиксели изображения и разреженными [6], отслеживающие только часть точек изображения. Однако, авторы используют, фронт волны, состоящий из множества точек. Это приводит к сложной задаче определения серединных точек волны особенно

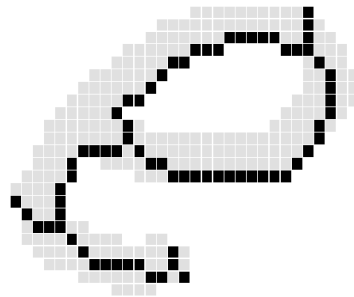
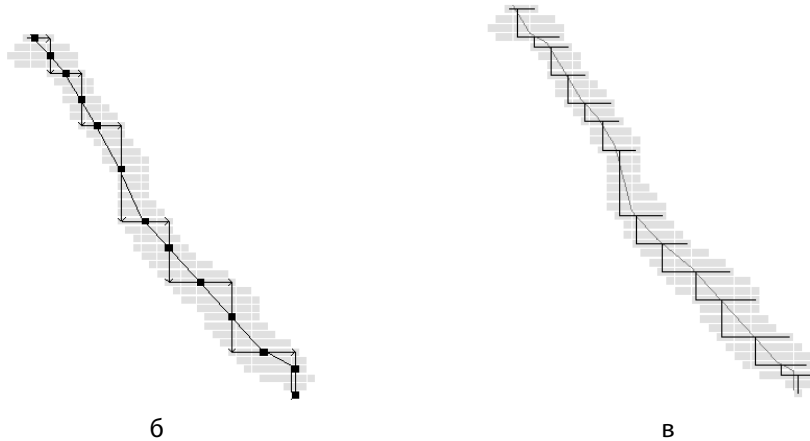


Рис. 1. Скелетизация



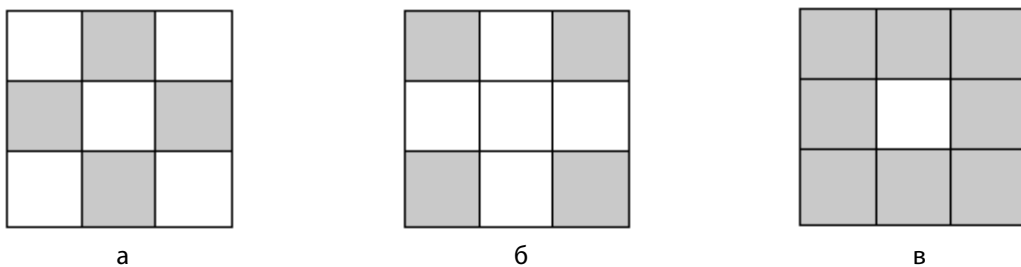
б

в

Рис. 1. Методы векторизации:
а — скелетизации; б — OZZ; в — SPV



Рис. 2. Символ «а» представляет собой граф с 2 узлами



а

б

в

Рис. 3. Шаблоны волны

в случае распада волны на части в точках ветвления скелета изображения.

В этой работе предлагается алгоритм, использующий сплошную волну, состоящую из одного пикселя и из двух пикселей в точках ветвления. Волновой алгоритм строит дерево линий, даже если изображение представляет собой граф (рис. 2).

Для построения графа требуются дополнительные усилия. В отличие от алгоритма, описанного в работе [4], предлагаемый алгоритм строит граф с минимальным количеством узлов.

Волновой метод заключается в анализе пути прохождения волны по изображению. На каждом шаге ана-



Рис. 4. Структура данных

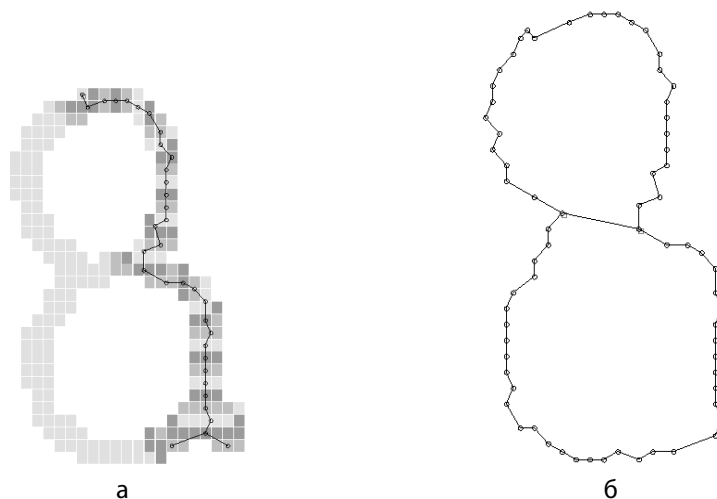


Рис. 5. Этап работы алгоритма и окончательный результат

лизируется смещение центра волны при прохождении по скелету изображения.

При анализе соседних точек пикселя используются 4-х и 8-ми связные шаблоны. Законы распространения волн отличаются для 4-х связных шаблонов раstra (рис. 3а, 3б), 8-ми связного шаблона (рис. 3в).

При 4-х связном шаблоне распространение волны идет в форме ромба или квадрата, при 8-связном — в виде квадрата.

Для генерации восьмиугольной волны необходимо скомбинировать 4-х и 8-и связное распространение волны. Это достигается попеременным применением 4-х и 8-и связного распространения. В результате получаем

распространение в виде восьмиугольника хорошо огибающего препятствия.

Применение только 4-х связных шаблонов дает худший результат.

Алгоритм предполагает построение скелетов нескольких несвязанных объектов, каждый из которых представляет собой граф. Поэтому в классе «Волна» объявлен список «Вершины», каждый элемент которого указывает на начальный узел графа (рис. 4).

Графы состоят из узлов. Узлы имеют список ребер. У ребра есть указатели на начальный и конечный узлы. Если конечного узла нет, то «КонечныйУзел» = null. У каждого узла есть список точек старой волны «WaveOld» и новой волны «WaveNew». Точки старой волны перекрашиваются в белый цвет. В процессе прохождения волны строится список точек скелета. По этим точкам далее строится сглаженная линия «PolyLine».

Новый узел появляется в случае, когда волна разбивается на две или более частей. Каждая часть волны порождает новое ребро и запускает на нем метод построения волны. Метод построения волны является рекурсивным, который заканчивает свою работу в случае, если длина волны равна 0 или выходит на границы изображения.

Алгоритм:

1. Сканируется изображение до первой не белой точки. Эта точка назначается узлом — вершиной графа и старой волной ребра.

2. Как правило, первая вершина идет поперек растровой линии и имеет единственное короткое ребро. Поэтому ее необходимо удалить.

3. У ребра запускается метод построения волны.

4. Упорядочиваются точки новой волны.

5. Если новая волна не имеет разрывов, то середина волны добавляется к ребру дерева.

6. Иначе создается новый узел дерева и для каждого фрагмента новой волны рекурсивно запускается метод построения волны. Переходим к пункту 3.

7. Метод построения волны заканчивается, если длина волны равна нулю.

На рис. 5 показан один из этапов работы алгоритма и окончательный результат работы алгоритма.

Полученный скелет изображения не является графом и не является оптимальным.

Далее необходимо:

1. Найти узлы близкие к концам ребер и добавить в них найденные ребра.

2. Удалить узлы с короткими ребрами.

3. Удалить узлы с одним ребром.

4. Соединить ребром близкие узлы.

5. Удалить узлы с двумя ребрами.

Окончательный результат работы алгоритма представлен на рис. 4б.

Представленный алгоритм может использоваться при создании программ распознавания текста, конструкторской документации, в ГИС и САПР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Janssen R.D.T., Vossepoel A. M. Adaptative vectorization of line drawing images // Computer vision and image understanding. — 1997. — 65. — P. 38–56.
2. Wenyin L., Dori D. From Raster to Vectors: Extracting Visual Information from Line Drawings // Pattern Analysis and Applications. — 1999. — 2, N1. — P. 10–21.
3. Ковтун А. А. Метод разреженного фронта для векторизации линейчатых изображений // ISSN1681–6048 System Research & Information Technologies, — 2014, № 1 — С. 130–141
4. Местецкий Л. М. Непрерывный скелет бинарного изображения. Доклад на конференции Графикон-99
5. Денисов И., Кузьмин Е. Эффективный алгоритм построения остова растрового изображения. Доклад на конференции Графикон-99
6. Москаленко С.В., Гатчин Ю. А. Помехоустойчивый волновой алгоритм векторизации линейных растровых объектов. http://stanislavmoskalenko.narod.ru/articles/article_mashin3.htm.
7. Song J., Su F., Chen J., Tai C., Cai S. Line Net Global Vectorization: an Algorithm and Its Performance Evaluation // Computer Vision and Pattern Recognition 2000. — 2000. — P. 1383–1388.