



Литература

1. Форсайт Дж., Малькольм М., Моулер К. Машинные методы математических вычислений. Пер. с англ. – М.: Мир, 1980. –280 с.
2. Райс Дж. Матричные вычисления и математическое обеспечение. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. –264 с.
3. Митюков В.В. Обобщенный алгоритм и дискретная унифицированная структура для вычислительных задач. «Современные информационные технологии и ИТ-образование». Сборник докладов научно–практической конференции: учебно–методическое пособие. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. – М.: ИНТУИТ.РУ, 2009. – с. 675–681
4. Митюков В.В. Автоматизация вычислений в задачах аппроксимации. [Электронный ресурс] // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015), –Т 1. Труды Международной научно–технической конференции. /под ред. С.А. Прохорова. –Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2015. – с. 98–101. http://ssau.ru/files/events/2015/pit_2015_1.pdf.
5. Mityukov V.V. Problems the universality of the computational schemes for the processes approximation [Электронныйресурс] // Proceedings The Seventh World Congress “Aviation in the XXI-st Century” (Kyiv, 19–21 September 2016) / National Aviation University. – Kyiv, 2016. – p. 476–479
– ERL: <http://congress.nau.edu.ua/doc/congress-2016/Congress2016.pdf>.

В.С. Мишенев, М.А. Кудрина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЛНОВОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СКЕЛЕТА РАСТРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

(Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королёва)

Для таких задач, как структурное распознавание рукописного текста, сравнения отпечатков пальцев, обработка медицинских изображений, картографических изображений и технических чертежей, необходимо строить скелет растрового изображения. Скелетом изображения называется множество точек, равноудаленных от границ изображений [1]. Скелет строится для бинарных изображений (каждый пиксель может представлять только один из двух цветов). Процесс преобразования цветных и полутоновых изображений в бинарные называется бинаризацией. Для бинаризации используются пороговая обработка, методы точечных преобразований, свертки, усиления краев, выделения низкочастотных и высокочастотных компонент изображения и т. д. Чтобы получился скелет, все линии которого имеют толщину в один пиксель, необходимо максимально утончить линии изображении. Для этого существуют различные алгоритмы скелетизации: алгоритм Зонга-Суня (Zhang-Suen), шаблонный метод, волновой алгоритм и другие алгоритмы «утончения».



Мы рассмотрим волновой алгоритм. Его основная задача – векторизация бинарного изображения, т.е. получения нагруженного графа, у которого нагрузка вершин – пары координат x, y соответствующих узловых точек изображения. За узловые точки будем принимать точки соединения изображений линий в растровом изображении. Под изображением линии (отрезком) на растре будем понимать такое множество черных точек растра, что можно провести отрезок прямой АВ такой, что по обе стороны от этого отрезка будет лежать примерно равное количество точек, и расстояния от отрезка до ближайших крайних точек изображения будут отличаться не более чем на наперед заданную величину [2]. По такому графу можно однозначно восстановить исходное изображение.

Построение графа осуществляется путем отслеживания пути прохождения сферической волны по изображению. Однако распространение такой волны имеет ограничение, связанное с дискретностью пространства. Так для 8-ми связного растра распространение волны идет в виде квадрата, а для 4-х – в виде ромба [3]. Связность характеризует количество соседних пикселей (растра).

Генерация сферической волны достигается попеременным применением 4-х и 8-и связного распространения. Тогда распространение волны идёт в виде восьмиугольника. Для такой волны характерны некоторые особенности:

- не более чем через $2N$ шагов распространение волны приобретает устойчивый характер вне зависимости от начальной точки распространения волны, где N – ширина линии в пикселях;

- такая волна «умеет» поворачивать, хорошо огибает различные помехи. Небольшие помехи в 1-2 пикселя мало влияют на распространение волны. Однако такие помехи лучше удалять на этапе получения бинарного изображения для устойчивости волны. Для построения следующей генерации волны необходимо хранить последнюю её генерацию.

Отслеживание отрезков производится путем отслеживания перемещения центра отрезка, образуемого крайними точками генерации волны (см. рисунок 1).

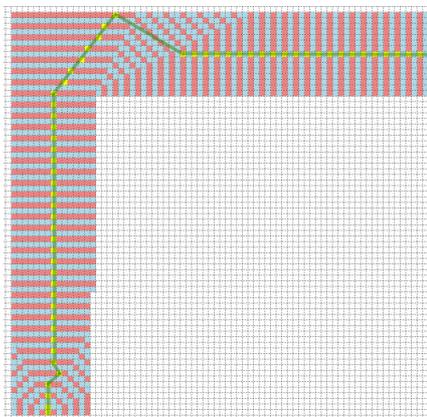


Рисунок 1 – Отслеживание центра волны

При достижении волной места соединения двух или более отрезков наблюдается разделение волны на несколько дочерних волн, сохраняющих пове-



дение материнской волны. Перед разделением наблюдается непрерывное увеличение ширины волны, т.е. количества точек, образующих генерацию волну. Отслеживая это, можно приблизительно определить место соединения отрезков изображения. В случае поворота волны или утолщения отрезка изображения строгое увеличение волны прерывается, поэтому такое увеличение ширины волны мы не берем во внимание.

Сам момент увеличения ширины волны определяется путем сравнения “ширины” очередной генерации волны и ее среднего значения за N предыдущих генераций (N задается заранее). Мы получаем 2 крайние точки (A,B) трассируемого отрезка. В частном случае, после разделения волны на 2 полуволны, мы получаем еще 2 пары точек (C,D) и (E,F). Эти точки будут образовывать шестиугольник. Положение точки соединения отрезков будет определяться как центр масс этого многоугольника (см. рисунок 2) [2].

Построение скелета сводится к выделению отрезков и мест их соединения с занесением найденных данных в результирующий граф. Важно пометить все пиксели генерации волны, при этом цвета для 4-х и 8-ми связного распространения должна быть различными, чтобы не пометить те пиксели, которые уже «прошли», и отслеживать место встречи волн.

Предварительно в скелетный граф изображения заносятся средние точки для каждой генерации волны.

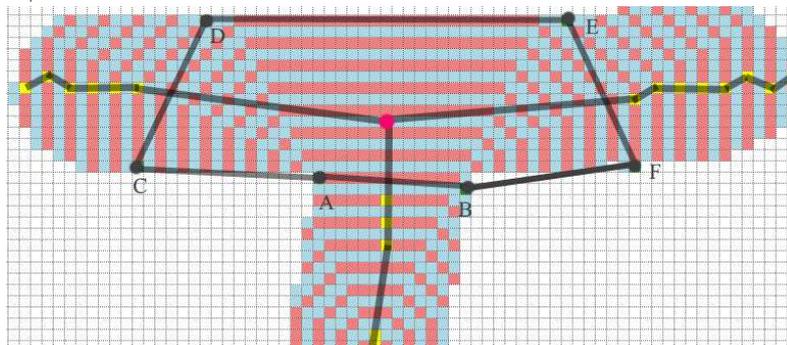
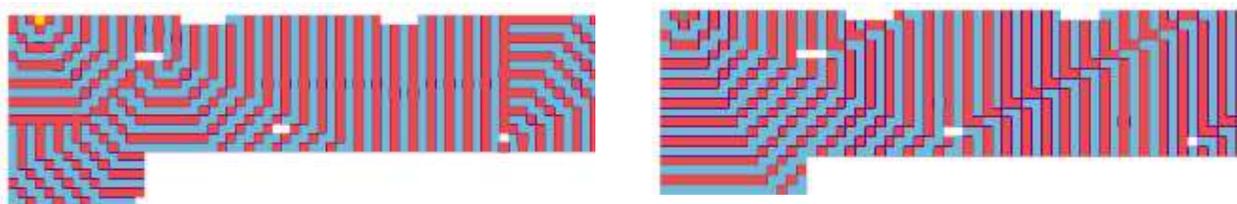


Рисунок 2 – Определение точки соединения

В простом случае генерация волны представляет собой упорядоченный массив точек. Для хранения генераций предыдущих волн лучше использовать очередь. Так, например, при использовании стека возникают «всплески» волн, связанные с дискретностью изображения, имеющего некоторые помехи (см. рисунок 3, а). Использование очереди дает нам равномерное распространение волны (см. рисунок 3, б), которое имитирует «естественную» волну.



а) генерации волн хранятся в стеке, б) генерации волн хранятся в очереди

Рисунок 3 - Огибание волной помех на изображении



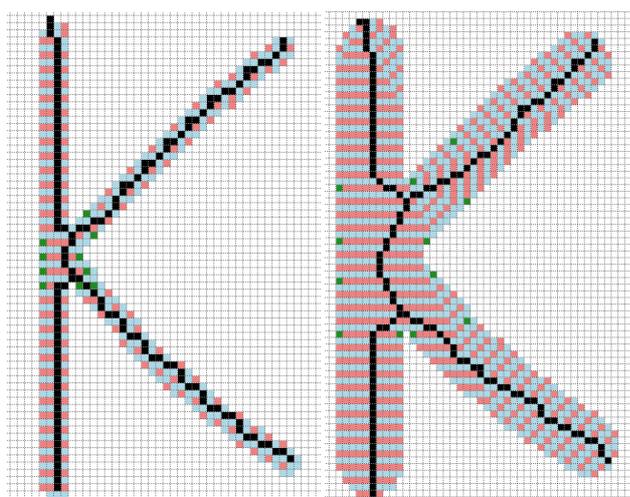
При этом каждой генерации приписываем узел графа. В граф заносятся только точки, в которых происходит изменение направления движения средней точки, тем самым уменьшается количество точек в графе скелета, что сокращает объем используемой памяти для хранения пройденного пути и облегчает его оптимизацию в дальнейшем. В данном случае алгоритм будет иметь следующий вид:

1. Создается пустая очередь.
2. В неё кладутся генерации волн, представленные 4-х связными соседями начальной точки.
3. Пока очередь не пуста, достаём генерацию волны.
4. Применяем сначала к ней 8-ми связное распространение, затем 4-х связное. Тем самым, получаем новую генерацию, которую кладем в очередь. Если происходит изменение направления средней точки, середину новой волны заносим в скелетный граф.
5. В случае разделения волны в очередь заносятся все дочерние волны. В граф заносится место соединения отрезков изображения как центр многоугольника, образованного крайними точками материнской и дочерних волн.
6. Возможно затухание волны при достижении конца отрезка или встрече с другой волной. Во втором случае граф замыкается.

На первом этапе мы получаем скелет, состоящий из середин всех генераций волн за исключением мест соединения. Следующий этап скелетизации – оптимизация полученного скелета.

Оптимизация проводится методом последовательных приближений и методом Деминга (ортогональной регрессии).

На рисунке 4 приведены примеры скелетизации буквы разной толщины (зелёным цветом помечены пиксели, которые являются вершинами многоугольника для нахождения точки соединения).



а) скелетизация «тонкой» буквы, б) скелетизация «толстой» буквы
Рисунок 4 - Пример скелетизации букв разной толщины



Рассмотрим преимущества и недостатки волнового алгоритма для скелетизации изображения.

Преимущества:

1. Скелет строится на исходном изображении.
2. Память требуется только для хранения графа скелета, очереди генерации.
3. Количество операций $O(n)$, где n – площадь скелетизируемого объекта.
4. Легко распараллеливается при использовании нескольких начальных точек генерации волны.

Недостатки:

1. Зависимость скелета от выбора начальной точки для некоторых объектов, однако это устраняется на следующем этапе алгоритма – оптимизации.
2. В начальный момент волна приобретает устойчивый характер не сразу, но и не более, чем через $2N$ шагов распространения.

Литература

1. Местецкий Л.М. Непрерывная морфология бинарных изображений: фигуры, скелеты, циркуляры. / Местецкий Л.М - М: ФИЗМАЛИТ, 2009.
2. Применение волнового алгоритма для нахождения скелета растрового изображения. // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ocrai.narod.ru>.
3. Шикин Е.В., Боресков А.В. Компьютерная графика. Динамика, реалистические изображения / Шикин Е.В., Боресков А.В - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1995. - 288 с.

У.А. Насритдинова

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЕМОНСТРАЦИОННОЙ ПЛОЩАДКИ

(Ташкентский институт ирригации и мелиорации)

Основные направления функционирования демонстрационной площадки виртуальных образцов разработок и технологий платформы определяются с учетом специфики применения информационных технологий и средств автоматизации в отраслях и секторах экономики, к которым она относится – автомобилестроении, тракторостроении, машиностроении, в энергетике, оборонной промышленности, информационно-коммуникативном секторе и в других областях и секторах экономики РУз.

Бурное развитие информационно-коммуникационных технологий качественно преобразуют характер обмена информацией в рамках научной и инновационной деятельности. Увеличение количества исследований и, следовательно, предлагаемых на рынок разработок приводит к усилению конкуренции, преодоление которой возможно лишь с применением новых средств информирования и поиска потребителей. Использование современных информационных