

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ГРУБАЯ СКЕЛЕТЕЗАЦИЯ РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ПРОСТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

А.Н. Романов, М.В. Привалов

Донецкий национальный технический университет

У статті розглядається задача розпізнавання основних геометричних примітивів у растровому зображенні. На підставі розглянутих методів скелетизації об'єктів, розроблено програмне забезпечення для пошуку й розпізнавання параметричних кривих. Отримані результати застосовні для подальшого дослідження теми дисертації.

Размах исследований в области цифровой обработки изображений стремительно нарастает. Это определяется тем, что обработка изображений – это обработка многомерных сигналов, а большинство сигналов в реальном мире является многомерными.

В задачах компьютерного зрения при анализе изображений зачастую бывает необходимо выделять в изображении различные простые элементы. Простыми элементами изображения считаются: контрастные перепады, угловые точки, прямые линии, пересечения линий, круговые элементы и т.д. Нахождение этих элементов на изображении является важной начальной операцией для дальнейшей обработки изображений таких, как сегментация изображений, отслеживание и распознавание объектов, регистрация видеоинформации и т. п. Для решения данной задачи существует целое семейство методов: основанные на преобразовании Хафа, применение детекторов простых элементов, модификации волновых алгоритмов и т.д.

В качестве входных данных для системы скелетизации изображений являются бинарные изображения. Под бинарным изображением понимается двумерная матрица, элементам которой являются цветные точки (см. рисунок 1). Под идеальным бинарным изображением понимается матрица с точками состоящих их двух цветов черного и белого. Процесс приведения бинарного изображения к идеальному бинарному изображению включает множество шагов из применения фильтров. К сожалению не всегда процесс приведения возможен, так как качество исходного изображения напрямую зависит от первоисточника. В таком случае дополнительными цветами точек

будет служить градиентный переход от белого к черному цвету (см. рисунок 2).

С точки зрения анализа растрового изображения введем следующие определения:

- отрезок изображения;
- соединение отрезков;
- пересечение отрезков.

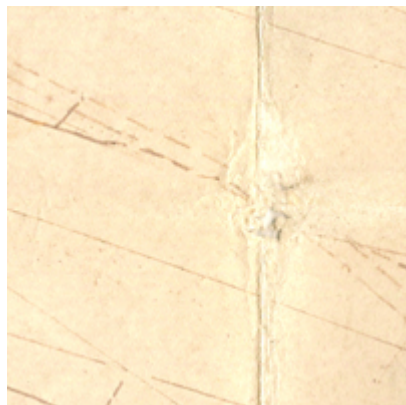


Рис. 1. Первоисточник



Рис. 2. Идеальное

Под изображением линии или отрезка на растре будем понимать такое множество черных точек растра, что можно провести отрезок прямой ab 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 наперед заданную величину.

Под соединением отрезков будем понимать два отрезка такие, что одна из вершин одного отрезка лежит на другом отрезке. В этом случае они будут иметь одну общую точку и один из отрезков будет разделен на два.

Пересекающиеся отрезки изображения будем представлять в виде отрезков меньшей длины, имеющих одну общую вершину.

Векторное представление растрового изображения это нагруженный граф, у которого нагрузка вершин – пары координат $\{x,y\}$ соответствующих узловых точек изображения. Узловые точки – это точки соединения изображения линий в растровом изображении.

Рассмотрим кратко несколько методов применяемых в системах технического зрения.

Волновой метод заключается в анализе пути прохождения сферической волны по изображению. На каждом шаге анализируется смещение центра масс точек, образующих новую генерацию волны,

относительно его предыдущих положений. Метод состоит из двух этапов, построение скелета изображения с помощью сферической волны и оптимизации полученного скелета. Оптимальной сферической волной в дискретном пространстве считаем волну с дискретностью направления распределения под 45 градусов – восьми связное растровое изображение.

При движении волны на отрезке по прямой через $2*N$ шагов наблюдается устойчивый характер распределения. При движении волны по отрезку отличного от прямой так же наблюдается устойчивое поведение волны. Встречаемый хаотичный шум почти не влияет на движение волны, но только если это не крупные препятствия. Именно по этому необходимо проводить предобработку растрового изображения. Разделение и пересечение отрезков определяется путем увеличения ширины волны. Момент увеличения ширины знаменует пересечение отрезков, после чего волна делится на части и каждая часть двигается по-своему в первоначально направлении [1].

В результате отработки метода отслеживаются прямые, и если линия не являлась прямой, наблюдается множество отрезков интерполирующих исходное изображение.

Отдельным направлением являются детекторы. Детекторы, использующие компоненты градиента яркости. Один из ключевых моментов это нахождение частных производных на изображении. Предполагается, что дифференцирование дискретного изображения является некорректно. Чтобы сделать этот процесс корректно необходимо отфильтровать изображение низкочастотным фильтром Гаусса перед применением дифференцирующих операторов.

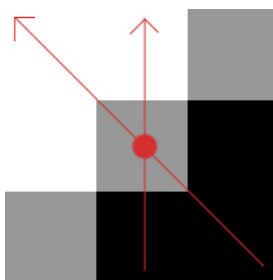


Рис. 3. Шаблон для нахождения прямого контрастного перепада типа ступенька

Детекторы, использующие коэффициент совпадения с шаблоном. Например, в детекторе Робинсона, осуществляется фильтрация изображений восемью масками, каждая из которых ориентирована в

своем направлении, как и в случае волнового метода - восьми связное растровое изображение (см. рисунок 3). Если отклик на фильтрацию маской достаточно существенен, то считается, что контрастный перепад найден, и направление этой маски наилучшим образом характеризует направление контрастного перепада.

Идея выделения параметрических кривых на основе преобразование Хафа состоит в том, что из множества (1) точек изображения выбираются подмножества точек, по которым вычисляются параметры кривой, проходящей через эти точки. С каждой точкой параметрического пространства связан счетчик, показывающий для скольких подмножеств, был вычислен этот набор параметров (2). Параметры с максимальным значением счетчика определяют кривые, найденные на изображении [2].

Пусть дано облако точек в пространстве

$$R^m \Rightarrow X = \{x_1, \dots, x_n\} \quad (1)$$

Семейство параметрических заданных кривых:

$$F(C, x) = 0 \quad (2)$$

где F – некоторая функция, C – вектор параметров семейства кривых, x – координаты точек из R^m . Каждое значение C определяет одну кривую, а все множество значений C образует фазовое пространство D кривых данного семейства.

Базовый алгоритм выделения кривых состоит из следующих шагов:

1. Выбор сетки дискретизации. На этом этапе предстоит выбрать шаг дискретизации для каждого параметра кривой. От этого выбора будет зависеть сложность и эффективность алгоритма.

2. Заполнение аккумулятора (матрицы счетчиков). Зачастую это самый долгий шаг алгоритма, поскольку заполнение производится путем полного перебора. Сложность алгоритма напрямую зависит от первого шага и составляет $O(N * M)$, где N – кол-во точек, M – кол-во ячеек аккумулятора.

3. Анализ аккумулятора (поиск пиков). В матрице аккумулятора ищется счетчик с максимальным значением.

4. Выделение кривой. Каждая ячейка аккумулятора есть значение фазового пространства, а значит, она задает некоторую (искомую) кривую. Но поскольку значение на шаге 1 стало дискретным, может потребоваться уточнение кривой каким-либо иным методом по уже найденным точкам кривой.

5. Вычитание из аккумулятора. Для точек выделенной кривой считается временный аккумулятор и поточечно вычитается из основного.

6. Переход на шаг 3.

Рассмотренные методы работают оптимально в случае правильной предобработки данных [3].

Для проведения эксперимента, исходное изображение (см. рисунок 1) было обработано (см. рисунок 2) фильтрами сторонних программных продуктов для облегчения работы методов скелетизации изображений.

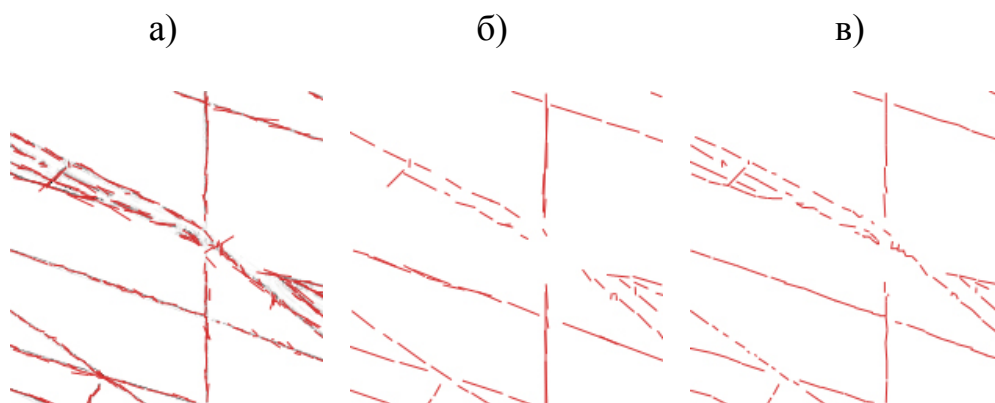


Рис. 4. Результаты скелетизации методов

а) Волновой алгоритм б) Детектор в) Хафа

Выводы

Результаты работы алгоритмов приведены на рис. 4. Можно видеть, что поставленная задача – скелетизации изображений выполнена удовлетворительно. Метод преобразования Хафа показал наилучшие показатели, поэтому есть смысл проводить дальнейшие исследования и доработки этого метода, например совмещение с преобразованием Хартли.

Библиографический список

1. Применение волнового алгоритма для нахождения скелета растрового изображения. // Электронный документ. Способ доступа URL: <http://igdrassil.narod.ru/pc/work/Vectorisation.html>
2. Обзор алгоритмов детектирования простых элементов изображения и анализ возможности их аппаратной реализации. // Электронный документ. Способ доступа URL: http://www.keldysh.ru/papers/2005/rep114/rep2005_114.html
3. Алгоритмы выделения параметрических кривых на основе преобразование Хафа. // Электронный документ. Способ доступа URL: <http://cgm.computergraphics.ru/content/view/107>
4. Beamlets and Multiscale Image Analysis. David L. Donoho, Xiaoming Huo. Statistics Department, Stanford University.