

Лекция 9. Алгоритмы векторизации (распознавания образов)

Определение, применение,
основные этапы векторизации

Определение и применение

- Векторизация - это процесс преобразования растровых данных в векторные.
- Алгоритмы данного класса нашли применение в системах обработки изображений и распознавания образов.
- Наибольшие успехи были достигнуты при создании систем распознавания печатного текста, которые обеспечивают почти 100%-ное правильное автоматическое распознавание печатного текста при качественном сканировании текста, например, программная система FineReader.
- Ввиду чрезвычайной сложности задач выделения двумерных объектов и связей между ними все системы имеют строгую предметную направленность.
- Кроме систем распознавания текста следует выделить системы:
 - распознавания чертежных документов в САПР;
 - технического зрения;
 - распознавания географических карт;
 - распознавания топологии интегральных схем;
 - распознавания аэро- и космических снимков;
 - обработки медицинских снимков;
 - идентификации фотографий лица человека;
 - системы идентификации отпечатков пальцев.
- Области применения алгоритмов данного класса постоянно увеличиваются в связи с расширением использования растровых сканирующих устройств ввода графической информации.

Этапы векторизации

- Процесс векторизации включает в себя следующие этапы:
 - Предварительная обработка растрового изображения.
 - Исходное растровое изображение всегда предварительно обрабатывается для удаления случайных помех и элементов изображения, не представляющих интерес для конкретной задачи.
 - сегментация растровых данных или выделение областей;
 - выделение контуров;
 - выделение средних линий объектов;
 - векторизация скелетных изображений;
 - полигональная аппроксимация.

Выделение областей

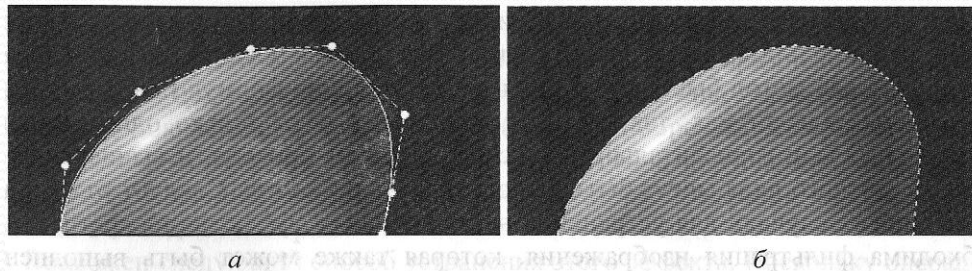


Рис. 1

- Существует три основных режима выделения областей:
 - ручной, при котором опорные точки векторного изображения и векторные контуры изображения наносятся и рисуются поверх пиксельного изображения вручную с помощью какого-либо графического редактора, как показано на рис. 1,а;
 - полуавтоматический, при котором можно вручную контролировать процесс распознавания, а также контролировать выделение областей для распознавания изображения; на рис. 1,б показан результат полуавтоматического выделения областей в программе Photoshop по команде пользователя;
 - полностью автоматический.

Распознавание чертежей

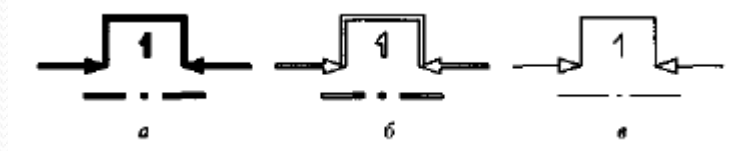


Рис. 2

- Рассмотрим более подробно алгоритмы векторизации на примере распознавания технических чертежей в САПР, представленных в виде бинарных растровых изображений.
- Ручной ввод технических чертежей с помощью дигитайзеров очень медленный и дорогой процесс. Использование для этих целей сканеров позволяет быстро получить растровый формат изображений, однако необходимо иметь программы для преобразования изображения в векторную форму и затем в геометрические модели достаточно высокого уровня.
- Цель распознавания изображений чертежей заключается в автоматическом формировании чертежа, т.е. примитивов, использующихся в системах САПР и которыми оперирует пользователь.
- Три уровня представления графической информации (рис. 2) :
- Исходное растровое изображение (рис. 2,а). Характеризуется максимальной детализацией.
- Контурное представление (рис. 2,б). Первый уровень преобразования исходного растрового представления в векторное. Содержит координаты внешних и внутренних границ (контуров) изображения.
- Скелетное представление (рис. 2,в). Используется как основа для распознавания элементов изображения. Содержит два основных типа данных, используемых для дальнейшего распознавания: отрезки или сегменты (части связанных компонентов утоньшенного изображения, ограниченные концевыми и узловыми точками) и узлы, описывающие связи между отрезками. Скелетная форма представляется в виде трех файлов: файла паспортов, файла метрики и файла связей. В файле паспортов хранится описание каждого сегмента в виде ограниченного множества характеристик (длина, средняя ширина, угол наклона, координаты описываемого прямоугольника, тип сегмента: прямая, ломанная, дуга, кривизна для дуг окружностей; ссылки на файлы метрики и связей и др.). В файле метрики хранится описание сегментов в виде координат точек. В файле связей содержится информация о связях сегментов, стыкующихся в узловых точках.

Выделение контуров

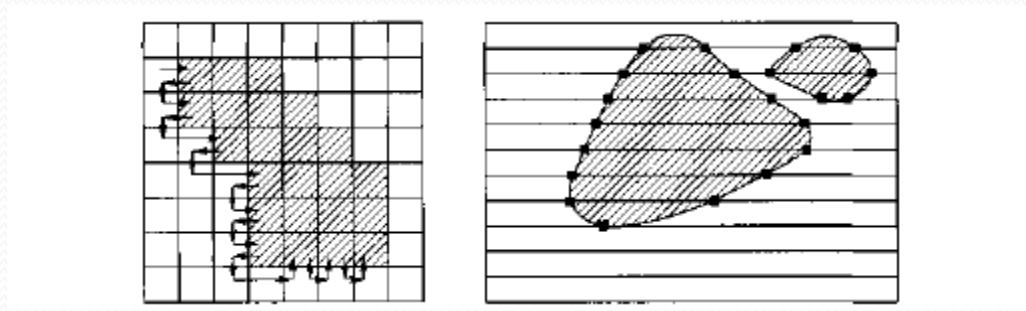


Рис. 3

- Алгоритмы выделения контуров можно условно разбить на две группы:
 - Отслеживающие (рис. 3,а).
 - Основаны на том, что на изображении отыскивается объект (первый встретившийся пиксель объекта) и контур объекта отслеживается и векторизуется.
 - Достоинством данных алгоритмов является простота, к недостаткам можно отнести их последовательную реализацию и некоторую сложность при поиске и обработке внутренних контуров.
 - Сканирующие (рис. 3,б).
 - Основаны на просмотре (сканировании) всего изображения и выделения контурных точек без отслеживания контура конкретных объектов.

Выделение средних линий

- Задача выделения средних линий (скелетов) изображений является одной из основных задач предварительной обработки изображения. Средние линии позволяют описывать геометрические особенности объектов и удобны для последующей обработки.
- К этой операции как правило предъявляются три основных требования:
 - связность объектов изображения и фона должна быть сохранена;
 - концы средней линии должны располагаться как можно ближе к их истинному положению;
 - центральные линии объектов должны быть выделены достаточно точно.
- Самая большая группа алгоритмов выделения средних линий основана на идее внешних слоев или контурных точек объектов до тех пор, пока на изображении останутся только точки скелета. Итеративные алгоритмы используют маску (как правило, размером 3×3), которая перемещается по всему изображению и в каждый момент времени она сопоставляется с соответствующим участком изображения, чтобы определить новое значение центрального пикселя. Таким образом, в результате просмотра всего изображения удаляется один (или несколько) из внешних слоев объекта.

Векторизация скелетного представления

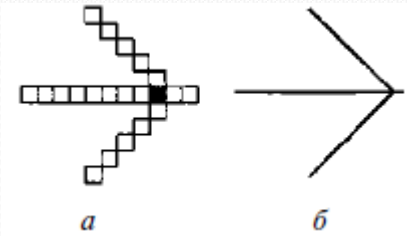


Рис. 4

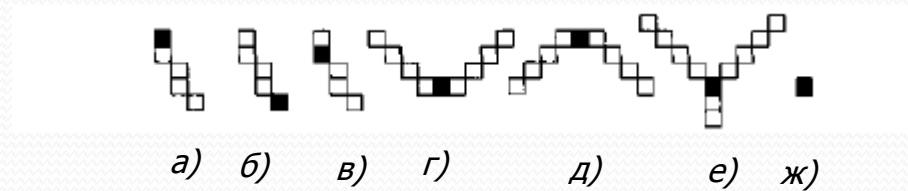


Рис. 5

а – начало; *б* – конец; *в* – продолжение; *г, д* – слияние; *е* – разветвление; *ж* – изолированная точка

- На данном этапе утоньшенное, скелетизированное растровое изображение (4,а) преобразуется в векторную структуру (рис. 4,б), сохраняющую топологию объектов исходного графического материала.
- Каждый пиксель утоньшенного раstra анализируется на основании его связности с восемью соседними пикселями и помечается отделенным образом. Все черные (единичные) пиксели утоньшенного раstra в зависимости от расположения окружающих их пикселей в определенной окрестности классифицируются как конечная точка, элемент линии и узловая точка (рис. 5). Из такого размеченного раstra выбираются пиксели, помеченные как конечные и узловые. Далее, начиная с этих точек, отслеживаются объекты изображения и создается векторное описание исходного изображения.
- Если при первоначальном сканировании исходного раstra проставить для каждого пикселя число итераций утоньшения, то в векторное описание можно ввести дополнительный атрибут – ширину линии.

Полигональная аппроксимация

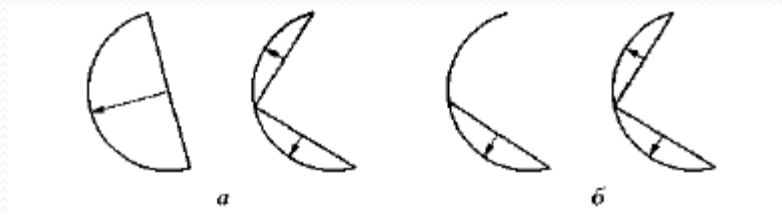


Рис. 6

После просмотра всего изображения и выделения опорных точек выполняется полигональная аппроксимация, одновременно вычисляются характеристики отрезков, такие как средняя ширина, длина, габаритные размеры и т.д.

- Аппроксимация должна обладать некоторыми свойствами:
 - хорошо сохранять информацию, т.е. все существенные особенности формы не должны устраняться;
 - не занимать значительных объемов памяти;
 - быть нечувствительной к локальным шумам и преобразованиям.
- Существует много методов полигональных аппроксимаций, среди которых можно выделить два наиболее известных:
 - Метод итерационной аппроксимации от конечных точек включает следующие основные этапы (рис. 6,а):
 - концевые точки соединяются прямой и измеряется расстояние от прямой до максимально удаленной точки;
 - если расстояние превосходит заданный порог, то линия разбивается на две и строятся две прямые, где опять измеряется расстояние;
 - так продолжается до тех пор, пока все расстояния не будут меньше заданного порога;
 - Метод аппроксимации от одной начальной точки (рис. 6,б):
 - от начальной точки строится прямая от нее до ближайших точек,
 - измеряется расстояния, и если расстояние меньше порога, то данная точка выбирается в качестве новой точки.
- Методы аппроксимации, основанные на функциях более высокого порядка, обычно позволяют получать более точный результат. Но они более дорогие в вычислительном отношении, чем полигональная аппроксимация.
- Очень часто вместе с аппроксимацией необходимо выравнивать прямые линии, т.е. делать почти вертикальные (горизонтальные) линии строго вертикальными (горизонтальными) и т.п.