

ГАЙДАРЬ О.Г., к.т.н.; ТЕМНОХУД Ю.В. (ДонНТУ)

МЕТОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ОБРАЗОВ

Розкриті задачі і принципи векторизації растрових зображень, описані різні методи автоматичного розпізнавання графічних образів, показан алгоритм підготовки растру до векторизації

Часто перед нами становится задача за короткое время откорректировать содержание бумажного чертежа или схемы, причем так, чтобы полученный в итоге выходной документ полностью отвечал всем требованиям оформления чертежа: геометрические построения должны быть сделаны с инженерной точностью, линии должны быть заданной толщины, необходимого типа и цвета, а шрифт и размер надписей соответствовал действующему стандарту.

Для оцифровки твердых копий (бумажных чертежей) необходим сканер подходящего размера или цифровая фотокамера с хорошей разрешающей способностью. Современные сканеры, как правило, используют передовые технологии повышения качества изображения в процессе сканирования: адаптивный выбор порога бинаризации, компенсацию неравномерности фона, фильтрацию «мусора». Это позволяет с успехом использовать в качестве исходных материалов даже старые копии чертежей, которые остались только на кальке, «синьке» или «аммиачке».

В результате сканирования (или цифровой съемки) в компьютер переносится поточечное - растровое изображение (картинка-мозаика) отсканированного документа. Структура этого изображения очень напоминает структуру обычной фотографии - только «зернистость» растрового изображения более регулярна и точки расположены строго по рядам и колонкам, образуя матрицу из мелких квадратиков - пикселей. Сохраненные в виде файла одного из растровых форматов (например, JPG, TIF, BMP, PCX, TGA и т.д.), эти изображения могут быть затем использованы в качестве фотографической подложки или фона в различных приложениях. Однако если вам необходимо изменить положение какого-либо геометрического элемента (например, линии или окружности), изображенного на этом фоне, или развернуть его в плоскости, стандартными средствами вам это сделать вряд ли удастся. Ведь, по сути, окружностью и линией они являются только в вашем воображении, а на растре это просто совокупность пикселей, формирующих изображение геометрического элемента. При построении линии в САПР (AutoCAD, КОМПАС и т.п.) в файле чертежа создается векторный примитив - математическое описание графического объекта «отрезок». Это описание содержит информацию о координатах конечных точек и толщине отрезка. В результате такой объект поддается очень точному изменению, например, длины или толщины до нужного значения, или развороту на заданный угол.

Из всего вышеизложенного следует, что сканированные чертежи, которые предполагается использовать и редактировать подобно векторным данным, нужно либо преобразовать в векторный формат, либо использовать для работы такие программные средства, которые работают с растром как с векторами, «на ходу» производя скрытое преобразование растровых линий в векторные графические

примитивы. Именно для этих целей на рынке предлагаются специальные программы, которые называют «векторизаторами» и «гибридными редакторами».

Одним из ведущих разработчиков таких программных средств является российская компания Consistent Software. Ее серия программных продуктов под общим названием Raster Arts, в которую входят Vectory, Spotlight и RasterDesk, получила наибольшее распространение в странах СНГ как одно из самых удобных средств коррекции, редактирования и векторизации сканированной графики технического назначения.

Различные векторизаторы реализуют различные методы. На практике применяется несколько методов векторизации. Рассмотрим основные из них.

Ручная сколка. Часто называется оцифровкой. Сканированное изображение загружается в САД систему (например, КОМПАС) как фон, поверх него оператор стандартными средствами рисует векторные объекты. Это очень похоже на сколку с использованием дигитайзера («электронной доски») - трудоемкая, утомительная и отнимающая много времени процедура. Но в то же время находит применение при работе с низкокачественными или очень сложными изображениями. При выполнении такой работы большую помощь могут оказать средства объектной растровой привязки, которые, как правило, имеются в хороших программах векторизации (в том числе и в указанных выше).

Но гораздо более эффективными являются программные методы обработки растра: автоматическая, пакетная векторизация и трассировка - полуавтоматический, управляемый оператором, процесс выборочной векторизации.

Автоматическая векторизация. При автоматической векторизации нужно только задать соответствующие параметры и запустить процедуру. Программа сама определит, какие растровые линии нужно аппроксимировать отрезками прямых, дугами, а что является растровым текстом. Именно такой механизм заложен в профессиональные пакеты автоматической векторизации Vectory, Spotlight Pro, RasterDesk Pro. Кроме того, в них автоматически распознаются типы линий, размерные стрелки, штриховки, надписи. Они проводят коррекцию полученного векторного рисунка: сводят концы векторных объектов, выравнивают их по ортогональным направлениям и т.д. Последние версии этих программ уже имеют встроенные модули автоматического распознавания текста. В более ранних версиях текстовые строки только локализовались, и затем предоставлялись интерактивные средства ручной замены.

Метод автоматической векторизации используется также для пакетной обработки набора растровых файлов, что дает возможность провести обработку большого объема материалов без участия оператора, например в нерабочее, ночное время.

Если растровое изображение высокого качества (четкие черные линии на чистом белом фоне), то с помощью автоматической векторизации можно получить очень впечатляющие результаты. Но, как правило, изображение не идеально, и программное обеспечение не может на сто процентов правильно его векторизовать в автоматическом режиме. Эту процедуру лучше всего использовать как компонент процесса преобразования, а не как общее решение. Поэтому чаще всего после автоматической векторизации для получения качественного векторного изображения требуется дополнительная ручная доработка.

Интерактивная векторизация (трассировка). Один из наиболее перспективных методов преобразования. При трассировке оператор указывает

растровые линии на экране, и они преобразуются в векторные объекты. Этот метод позволяет совместить интуитивное знание пользователя с автоматизированным процессом преобразования. Средства трассировки позволяют оператору разделить объекты растрового изображения по значению и преобразовать только то, что нужно.

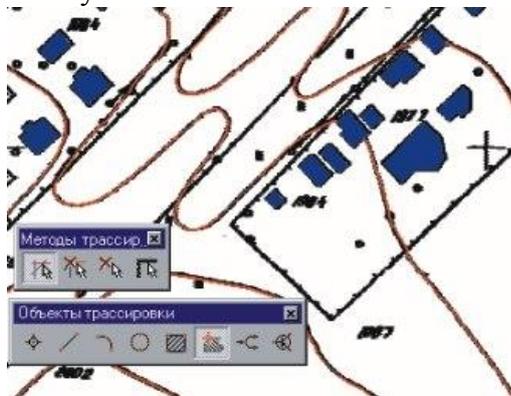


Рис. 2 - Трассировка в Spotlight

Калибровка растрового изображения средствами векторизатора. Вот пример использования такой технологии. При обработке растрового изображения топографической карты сначала превращаем растровые изолинии («горизонталы») в векторные полилинии. Оператор только указывает любую точку на растровой линии, а программа автоматически прослеживает эту линию до ближайшего пересечения или разрыва и создает аппроксимирующую векторную ломаную - полилинию. В случае, если аппроксимация проходит не очень гладко (полученная полилиния не очень совпадает с ее растровым изображением), есть возможность настроить соответствующий параметр трассировки. Так процесс повторяется для каждой горизонтали. После этого каждой полученной полилинии можно присвоить значение высоты совпадающей с ней горизонтали и получить трехмерную модель поверхности, например для проектирования профиля дороги.

Гибридная технология. Сочетает возможности растрового и векторного редактирования и предоставляет средства преобразования раstra в вектора и векторных объектов в растр. Изображения, с которыми работают гибридные редакторы, состоят из графики двух видов: полученных при сканировании растровых данных и векторных объектов.

Симбиоз растрового и векторного подходов к редактированию графики дал качественно новые возможности обработки сканированных изображений. Пусть нам надо изменить радиус растровой окружности. Указываем ее курсором, и она превращается в векторную окружность - так работают средства интерактивной векторизации гибридного редактора Spotlight или его аналога в среде AutoCAD - RasterDesk. Затем стандартными средствами Spotlight или AutoCAD меняем радиус уже векторной окружности. После этого окружность можно растеризовать, то есть преобразовать обратно в растр. Радиус окружности изменен, но чертеж остался полностью растровым.

Однако можно и не растеризовать векторный объект, а чертеж сохранить как гибридный (растрово-векторный) файл. При следующем редактировании пользователь заменит еще несколько растровых объектов на векторные. Пройдя несколько стадий редактирования, чертеж постепенно становится векторным. В конечном итоге, его можно доработать и получить чисто векторное изображение. Такой естественный, последовательный процесс векторизации, которая

происходит как бы сама по себе, возможен именно благодаря гибридной технологии.

Гибридная технология стала возможна в результате того, что были разработаны алгоритмы локального распознавания геометрических примитивов. С их помощью программа с высокой скоростью, не проводя анализа большого участка изображения, идентифицирует растровую линию как отрезок, дугу, окружность. Это дает возможность реализовать интерактивные операции, которые проводятся без ощутимых задержек. Подобные алгоритмы используются и при работе средств интеллектуального растрового редактирования.

В программах Spotlight и Spotlight Pro реализован достаточно полный набор интеллектуальных, «объектных» средств работы с растром: выбор растра, аналогичный выбору векторных объектов в САПР, объектные операции трансформации растра, «умные» средства коррекции формы и стирания растровых линий, привязка к характерным точкам растровых объектов. Очень удобен новый инструмент редактирования текстов на растровых изображениях. Чтобы изменить любую надпись, теперь достаточно указать ее расположение на чертеже и ввести желаемый текст, растровый или векторный.

Средства коррекции растровых изображений. Безусловно, даже самый совершенный сканер не может компенсировать все недостатки бумажных оригиналов. Поэтому полученный при сканировании растровый файл, как правило, приходится корректировать, используя специализированные функции обработки, которые имеются практически в каждом приличном векторизаторе или гибридном редакторе.

Специфика обработки сканированных технических материалов связана прежде всего с тем, что они могут быть очень большого размера (для современных сканеров формат А0 далеко не предел). Кроме того, вследствие инженерного назначения решаемых задач следует учесть высокие требования к точности геометрии объектов изображения. Это особенно важно, если растр нужно использовать для векторизации. Поэтому в программах-векторизаторах используются специальные процедуры и средства, не предусмотренные в обычных растровых редакторах типа Adobe Photoshop.

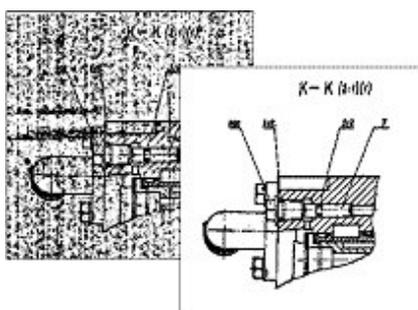


Рис. 1 - Чистка "мусора" на растре в гибридном редакторе

К наиболее распространенным дефектам получаемых растровых изображений относятся: растровый мусор (шум, фон), небольшие отверстия и разрывы в линиях, зазубренность краев растровых объектов. Подобные дефекты устраняются с помощью процедуры, которая называется фильтрацией. Суть ее в том, что все изображение или его выбранная область обрабатывается по определенному алгоритму (фильтру). В результате можно убрать ненужные помехи и выделить характерные элементы изображения. В современных

векторизаторах обычно имеются процедуры фильтрации, которые не требуют ручной настройки, а автоматически вычисляют параметры своей работы, поэтому такую автоматическую фильтрацию можно использовать в пакетном режиме (например, очень удобно запустить обработку целого списка файлов в ночное время).

Еще одна характерная группа дефектов - это геометрические искажения всего изображения: перекося (бумагу вставили в сканер с небольшим угловым отклонением), неправильная ориентация («бокком» или «вверх ногами») и т.п. Некоторые из этих процедур также могут быть автоматизированы, например устранение перекося или приведение размеров изображения к ближайшему стандартному формату.

Самым «трудноизлечимым» дефектом сканированных изображений являются произвольные, нелинейные искажения, вызванные короблением бумаги при длительном или неправильном хранении. Это особенно актуально для технических изображений больших форматов. Такие искажения невозможно исправить при сканировании.

Для исправления нелинейных деформаций растра используется процедура калибровки. Сначала указываются опорные точки, которые задают теоретически известные координаты характерных точек растра, например реперные точки на карте, которые должны располагаться в узлах прямоугольной сетки с заданным шагом. На деформированном изображении реальное расположение опорных точек отличается от теоретического, поэтому на втором этапе пользователь указывает текущее положение заданных точек на растре. Таким образом, получается набор пар точек: первая точка пары показывает, например, где теоретически должен быть узел растровой сетки, а вторая - то, где он находится сейчас на искаженном растровом изображении. В результате калибровки происходит трансформация всего изображения таким образом, чтобы заданные точки заняли правильное положение.

Современные средства растровой коррекции умеют работать и с цветными, и с полутоновыми, и с монохромными изображениями. Кроме того, например, в программных продуктах Vector, Spotlight и RasterDesk реализованы специализированные процедуры, позволяющие преобразовывать цветные и полутоновые изображения в наборы монохромных слоев. Расслоение производится по цвету - пиксели похожих цветов переносятся на отдельные монохромные слои. Что это дает? Во-первых, уменьшается объем изображения - несколько монохромных слоев занимают на диске во много раз меньше места, чем файл исходного полноцветного изображения. А во-вторых, эти средства дают возможность подготовить цветное изображение к автоматизированной обработке, так как автоматическая векторизация и трассировка работают только на монохромных изображениях. Кроме того, раздельная векторизация растровых слоев дает гораздо более правильные результаты. Например, на один слой можно перенести тексты, на другой - размеры, на третий - рамку и штамп. На исходном изображении останутся чертеж детали - отрезки, дуги, штриховки, но без текста, размерных, выносных линий и прочих элементов оформления. После этого можно векторизовать каждый слой с оптимальным для него набором параметров.

Список литературы:

1. Эрик Ерзин. Волшебные превращения или Прикладные программные средства распознавания образов - infoCOM.UZ