

## Использование сканированных чертежей в САПР

### Введение

Системы автоматизированного проектирования (САПР) и инженерного документооборота уже доказали свою состоятельность как эффективный инструмент разработки изделий и поддержки проектной документации, которая создается в электронной форме и хранится в компьютерных файлах.

В то же время огромное количество инженерно-технических материалов до сих пор хранится в бумажных архивах и обрабатывается устаревшими методами. Большой объем полезной и нужной информации не используется в современных технологиях и не работает в полную силу. Кроме того, традиционный архив, в отличие от электронного, требует больших затрат на хранение, размножение и распределение бумажных материалов.

По оценке International Data Corporation и журнала Document Management, во всем мире имеется более 8 миллиардов технических изображений, из которых менее 15 процентов хранится в электронном формате. Несмотря на то, что системы автоматизированного проектирования существуют уже не один десяток лет, более 65 процентов технических изображений — это бумажные чертежи.

В экономически развитых странах проблему рационального и эффективного использования бумажных архивов начали решать еще в начале 90-х. Накопленный за прошедшие годы опыт показывает, что

применение сканерных технологий для перевода информации с бумажных носителей в электронную форму и включение полученной информации в инженерный документооборот дают большой экономический эффект. В России и странах СНГ этот процесс пока только начинается, но необходимость развития производства, создания конкурентоспособной продукции и выхода на мировой рынок заставляет предприятия внедрять новые технологии работы с инженерной документацией.

В наше время благодаря стремительному развитию аппаратных средств компьютерной обработки информации и снижению их стоимости созданы все предпосылки для внедрения новых технологий работы с техническими архивами. Появление широкоформатных сканеров и струйных плоттеров, повышение производительности компьютеров, снижение стоимости хранения информации на жестких, лазерных и оптических дисках дают возможность легко получать, хранить и тиражировать растровые копии чертежей, схем, планов, карт. Теперь даже рядовой персональный компьютер удовлетворяет требованиям большинства специализированных программных средств обработки сканированных изображений.

Все это дает возможность перейти от работы с архивом бумажных материалов к использованию электронных архивов файлов сканированных, растровых чертежей.

Внедрение гибридной технологии редактирования позволяет использовать сканированные изображения в САПР и системах инженерного документооборота.

Современные технологии повышают информационную ценность бумажного архива, способствуют снижению расходов на хранение и обслуживание, повышают экономический эффект использования существующей документации при проектировании и расширяют возможности ее использования во всех смежных областях — технической поддержке, планировании, материально-техническом снабжении.

### Скрытая стоимость бумаги

Сканированные бумажные чертежи можно эффективно использовать в современных автоматизированных системах — это, несомненно, является самым главным преимуществом новой технологии. Но не стоит забывать и другие немаловажные аспекты проблемы. Традиционные методы управления, обработки, хранения и сопровождения бумажных чертежей отнимают много времени и средств.

Вот некоторые из наиболее очевидных проблем поддержки бумажного архива, которые можно решить, используя современные технологии:

- Бумажные чертежи "стареют" и портятся при хранении — электронные изображения "вечны", срок их жизни практически не ограничен;

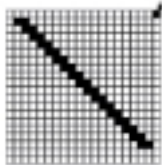
- Тиражирование бумажных чертежей — трудоемкая и не дешевая операция. За время, затраченное на копирование одного бумажного чертежа, можно разослать по сети много бесплатных копий электронных чертежей;
- Бумажные чертежи занимают много места, их хранение плохо систематизируется, часто очень трудно найти нужную информацию в бумажном хранилище. Электронные чертежи не требуют помещений для хранения, их поиск эффективнее и быстрее;
- Бумага ограничивает возможности представления данных, графика и текст — вот и все, в то время как электронные документы могут содержать гиперссылки на связанные с ними материалы, звук, видео и т.п.;
- Бумажные чертежи теряются. По экспертной оценке, от пяти до семи процентов технических материалов не могут использоваться — они потеряны или разукрупнены. Резервное копирование содержимого электронного архива и введение автоматизированной дисциплины доступа к информации избавляют от подобных проблем;
- Не секрет, что многие организации не хотят делиться своей интеллектуальной собственностью и передавать смежникам оригиналы документации, которые хранятся в электронных файлах САПР, а бумажные копии многие, особенно иностранные компании, уже не принимают. Растровая копия векторного чертежа САПР позволит решить эту задачу.

## Программная обработка сканированных изображений

### Растровые данные и векторные объекты

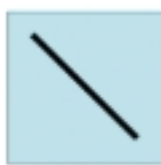
Сканированные чертежи можно сразу включить в систему электронного документооборота и использовать как справочную документацию. Однако для эффективного редактирования растровых изображений и их полноценного использования в САПР необходи-

Растровая линия



пиксел

Векторный отрезок



Системы автоматизированного проектирования используют векторные файлы; при сканировании создаются растровые файлы. Растровая графика принципиально отличается от векторной.

мо специализированное программное обеспечение. Это обусловлено принципиальными различиями между получаемыми при сканировании растровыми файлами и векторными рисунками, которые создаются и используются в автоматизированных системах черчения и проектирования.

Системы автоматизированного проектирования используют векторные файлы; при сканировании создаются растровые файлы. Растровая графика принципиально отличается от векторной.

При рисовании отрезка в векторном редакторе в файле рисунка создается векторный примитив — математическое описание графического объекта "отрезок". Это описание содержит информацию о конечных точках и толщине отрезка. Когда чертеж сканируется, он разбивается на маленькие квадратики — пикселы. Отсканированный отрезок состоит из отдельных пикселов, формирующих изображение отрезка.

Сканированные чертежи, которые предполагается использовать и редактировать подобно векторным данным, нужно либо перевести в векторный формат, либо использовать для работы такие программные средства, которые умеют работать с растром как с векторами, "на ходу" производя скрытое преобразование растровых линий в векторные графические примитивы.

В следующих разделах описывается несколько специализированных технологий обработки растровых изображений, полученных при сканировании инженерно-технических материалов: чертежей, планов, схем, карт и т.п.

В качестве примеров используются описания процедур, реализованных в программах Vectory, Spotlight и RasterDesk. Эти программные продукты получили наибольшее распространение в России и странах СНГ как средства коррекции, редактирования и векторизации сканированной графики технического назначения.

## Программные средства коррекции растровых изображений

Даже самый совершенный сканер не может компенсировать все недостатки бумажных оригиналов. Полученный при сканировании растровый файл придется корректировать, используя специализированные программные средства.

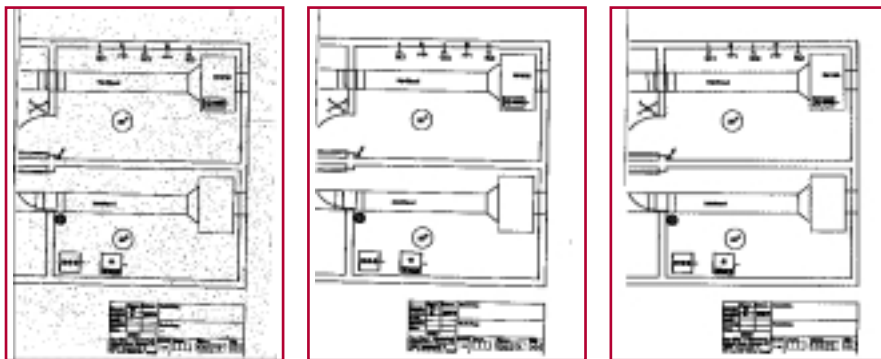
Специфика обработки сканированных технических материалов связана прежде всего с тем, что они могут быть очень большого размера (для современных сканеров формат А0 — далеко не предел). Кроме того, следует учесть высокие требования к точности геометрии объектов изображения. Это особенно важно, если растр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

Те, кто пробовал сканировать чертежи, знают о наиболее распространенных дефектах получаемых растровых изображений: растровый мусор (шум, фон), небольшие отверстия в линиях, зазубренность краев растровых объектов. Подобные дефекты устраняются с помощью процедуры, которая называется фильтрацией. Суть ее в том, что все изображение или выбранная область обрабатывается по определенному алгоритму (фильтру). Наиболее удобными являются фильтры, которые не требуют настройки, они автоматически вычисляют параметры своей работы, так как такую автоматическую фильтрацию можно использовать в пакетном режиме.

Вторая группа дефектов — это геометрические искажения всего изображения: перекося (бумагу вставили в сканер с небольшим угловым отклонением), неправильная ориентация ("боком" или "вверх

ногами"), нестандартный формат (отсканированный с перекосом чертеж будет иметь нестандартные размеры) и т.п. Некоторые из этих процедур также могут быть автоматизированы, например, устранение перекоса или приведение размеров изображения к ближайшему стандартному формату. На иллюстрации внизу показано, как реализована коррекция изображений в программе Spotlight: исходное растровое изображение (левый фрагмент), изображение после автоматических процедур удаления растрового мусора (в центре) и устранения перекоса (правый фрагмент).

Средства растровой коррекции



могут исправить глобальные дефекты сканированных изображений, но если в сканированный чертеж нужно внести изменения или возникает потребность использовать его для расчетов, то приходится прибегать к другим методам — векторизации и гибридному редактированию.

## Векторизаторы

Для работы в системах инженерного моделирования и анализа используются чертежи с самой высокой степенью информативности. Программные средства, использующие графику для расчетов, умеют работать только с векторными изображениями. Поэтому, чтобы использовать для таких целей сканированные изображения, их необходимо переводить в векторный формат. Вот некоторые примеры: предприятие должно разработать трехмерную модель изделия по старым чертежам и выполнить по этой модели расчет прочности; или при планировании новой застройки необходимо использовать трехмерную модель ландшафта, которую нужно создать, используя имеющиеся бу-

мажные карты. В обоих случаях требуются векторные модели, и, следовательно, растровые изображения приходится преобразовывать в векторные рисунки.

Процесс преобразования сканированного изображения в чертеж САПР называется векторизацией. Растровое изображение можно векторизовать, не используя программных средств. Но гораздо более эффективными являются программные методы обработки раstra: автоматическая, пакетная векторизация и трассировка — полуавтоматический, управляемый оператором, процесс выборочной векторизации.

## Методы программной векторизации

### Автоматическая векторизация

При автоматической векторизации нужно только задать параметры и запустить процедуру. Программа сама определит, какие растровые линии нужно аппроксимировать отрезками, дугами, а что является растровым текстом. Профессиональные пакеты автоматической векторизации, например программы Vectory, Spotlight Pro, RasterDesk Pro, распознают типы линий, размерные стрелки, штриховки, тексты. Они проводят коррекцию полученного векторного рисунка: сводят концы векторных объектов, выравнивают их по ортогональным направлениям и т.д. Рассматриваемые пакеты имеют встроенные модули распознавания текста, в отличие от других только локализирующих текстовые строки и предоставляющих интерактивные средства ручной замены.

При высоком качестве исходного изображения можно получить очень хорошие результаты

автоматической векторизации. Такой метод векторизации также используется при пакетной обработке набора растровых файлов, что дает возможность провести обработку большого объема материалов без участия оператора, например, в нерабочее, ночное время. Но, как правило, программное обеспечение не может на сто процентов правильно векторизовать растровое изображение. Эту процедуру лучше всего использовать как компонент процесса преобразования, а не как общее решение. Для получения качественного векторного изображения требуется достаточно большая доработка.

### Интерактивная векторизация (трассировка) —

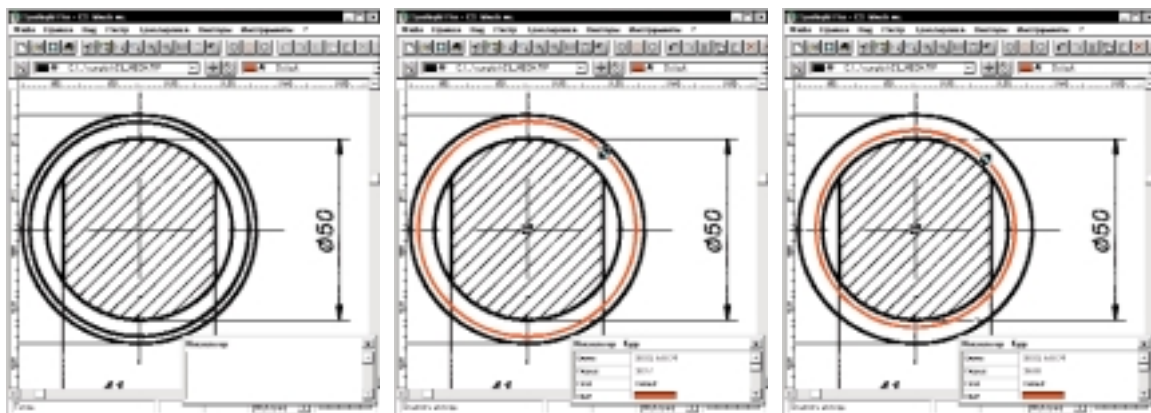
один из наиболее перспективных методов преобразования. При трассировке оператор указывает растровые линии на экране, и они преобразуются в векторные объекты. Этот метод позволяет совместить интуитивное знание пользователя с автоматизированным процессом преобразования. Средства трассировки позволяют оператору разделить объекты растрового изображения по значению и преобразовать только то, что необходимо.

Вот пример использования такой технологии. При обработке растрового изображения топографической карты сначала превращаем растровые изолинии в векторные полилинии. Оператор указывает точку на растровой линии, а программа прослеживает эту линию до ближайшего пересечения или разрыва и создает аппроксимирующую векторную ломаную — полилинию. Затем процесс повторяется. После этого каждой полилинии можно присвоить значение высоты и получить трехмерную модель поверхности для ГИС.

### Гибридная технология

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, обычно состоят из графики двух видов: полученных при сканировании растровых данных и векторных объектов.





Симбиоз растровых данных и векторных объектов дал качественно новые возможности обработки сканированных изображений. Пусть нам надо изменить радиус растровой окружности (левая часть иллюстрации). Указываем ее курсором, и она превращается в векторный круг, — так работают средства интерактивной векторизации гибридного редактора Spotlight (средняя часть иллюстрации).

Меняем радиус векторной окружности (правая часть иллюстрации). Затем окружность можно растеризовать. Радиус окружности изменен, чертеж остался полностью растровым.

Если же не растеризовать векторный объект, то чертеж можно 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 разработки алгоритмов локального распознавания геометрических примитивов. С их помощью программа с высокой скоростью, не проводя анализа большого участка изображения, идентифицирует растровую линию как отрезок, дугу или окружность. Это дает возможность реализовать интерактив-

ные операции, которые проводятся без ощутимых задержек. Подобные алгоритмы используются и при работе средств интеллектуального растрового редактирования.

В программах Spotlight и Spotlight Pro реализован, пожалуй, самый 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.

Механизм работы интеллектуальных средств в упрощенном виде можно проиллюстрировать на примере выполнения операции выбора и удаления растровой окружности. Чтобы произвести такую операцию, пользователь указывает курсором окружность, и она выбирается вся, несмотря на то, что пересечена другими растровыми линиями. При этом средства объектного выбора не только выделяют растровые точки, которые составляют окружность, но и дублируют все ее пересечения с другими объектами. Поэтому при стирании окружности, пересекавшие ее растровые линии не будут разорваны. Таким образом при работе с растровой ок-

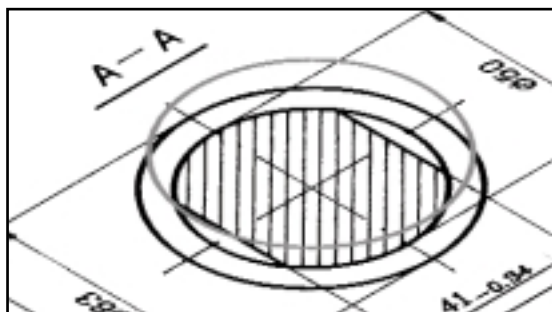
ружностью достигается полная аналогия выбора и удаления векторной окружности инструментами САПР.

Процесс выбора можно представить себе как перенос всех точек растровой окружности на отдельный слой с восстановлением пресеченных объектов (иллюстрация внизу).

На основе технологии интеллектуального распознавания типа растрового объекта реализуются методы группового выбора, аналогичные методам выбора AutoCAD — выбор растровых объектов, лежащих внутри рамки, пересеченных ломаной и т.п. Использование средств объектного выбора в комбинации с операциями переноса, вращения, масштабирования, копирования позволяет вносить изменения в растровый чертеж с легкостью, ранее доступной только для редактирования векторной графики.

По такой же объектной схеме работают и другие интеллектуальные операции Spotlight. Например, вам нужно провести линию от центра растровой дуги. Вы включаете соответствующий режим привязки, указываете точку на растровой линии, программа виртуально преобразует ее в векторную дугу и начинает рисовать линию от центра этой дуги. На словах все это выглядит довольно просто, но для обеспечения этой легкости используется сложный математический аппарат. Именно поэтому очень немногие программы обладают полным набором интеллектуальных возможностей.

Гибридная технология дает возможность использовать сканированные чертежи почти сразу и вносить изменения с минимальными затратами времени. Повышение качества и исправление деформаций растра, интеллектуальный выбор, замена текстов, других деталей растрового чертежа на векторные объекты — это



тот набор операций, который в подавляющем большинстве случаев решает главную практическую задачу — выпуск новой версии технической документации. Причем эти операции может произвести даже специалист не очень высокой квалификации, и последующая проверка его работы минимальна — ведь большая часть сканированного чертежа остается неизменной.

## **Средства гибридного редактирования, внедренные в AutoCAD**

Системы автоматизированного проектирования на базе AutoCAD являются самыми распространенными не только в нашей стране, но и во всем мире. Неслучайно первые приложения, которые позволяли редактировать и векторизовать растровые изображения внутри AutoCAD, были разработаны еще для 12-й версии этого пакета.

В то время AutoCAD еще не работал с растром. Приходилось искать обходные пути, что значительно снижало быстродействие и не давало возможности в полной мере совместить растровую и векторную технологии. Недостаточные вычислительные мощности персональных компьютеров создавали дополнительные трудности.

Когда же в 14-й версии появились стандартные средства загрузки растровых изображений, появилась возможность полностью реализовать гибридную технологию внутри AutoCAD. Заметим, что к моменту выхода 14-й версии, Pentium стал стандартом для компьютеров, на которых предполагалось работать с графикой, что положительно сказалось на быстродействии растровых операций и скорости векторизации.

Приложение RasterDesk реализует все возможности гибридной технологии внутри AutoCAD. Сочетание мощного векторного редактирования, средств адаптации, пакетной обработки AutoCAD и средств коррекции растра, интеллектуального растрового выбора, векторизации и растеризации создает высокоэффективную среду обработки сканированных материалов. Различия между растром и векторами становятся практически незаметны. Например, можно выбрать растровую окружность, указав

ее курсором мыши, добавить растровый отрезок, а затем применить к полученному растровому выбору обычные команды векторного редактирования AutoCAD — MOVE, ROTATE, ALIGN.

Интеграция средств гибридного редактирования и автоматизированного проектирования дала качественно новые возможности применения сканированной документации. Растровую графику можно не только быстро и качественно редактировать, но и работать с ней в автоматизированных системах, построенных на базе AutoCAD. Главным является оптимальное соотношение затраченного времени и достигнутого результата. Даже не проводя полной векторизации, можно добиться значительной автоматизации проектных работ.

Пример из жизни. Завод "Салют", отдел главного технолога. Несколько опытных инженеров до сих пор чертят вручную. Специалисты помоложе, быстро освоившие и AutoCAD и Genius, создали библиотеку параметрических моделей стандартных узлов. После того как в отделе появился широкоформатный сканер и RasterDesk, стала возможной технология, позволившая резко поднять производительность труда. Стандартная задача — изготовление нескольких чертежей, различающихся вариантами исполнения одного или нескольких узлов, теперь решается так. Сначала технолог чертит на кульмане один из вариантов, чертеж сканируется и загружается в RasterDesk. Дальше все просто: удаляется растровый мусор, сглаживаются линии, рамка и штамп заменяются на векторные блоки, удаляются варьлируемые детали чертежа. Вместо них вставляются параметрические модели стандартных узлов из библиотеки Genius. Достаточно изменить параметры, и готов новый чертеж, и следующий, и десятый. Скорость изготовления ограничивается только возможностями плоттера.

Это, конечно, частный, но показательный пример использования гибридной технологии. Сейчас уже многие российские предприятия начинают путь к автоматизированному проектированию с использования сканированных бумажных чертежей. Как показывает практика,

это позволяет резко поднять производительность труда и получить реальный выигрыш уже на первом этапе внедрения компьютерной технологии. Такой подход дает возможность использовать и знания опытных специалистов, и компьютерные навыки их молодых коллег.

## **Эффективно решаемые задачи**

Сочетание гибридного редактирования и автоматизированного проектирования дает самое полное решение проблемы обработки бумажных чертежей. Но существует ряд типовых задач, где внедрение такой технологии обеспечивает наибольшую эффективность и быстрый возврат вложенных средств.

Основное условие такой задачи — это выполнение работы, связанной с использованием большого количества бумажной технической документации. Причем работы, которая должна быть выполнена в жесткие сроки и принести прибыль. В этом случае эффективность решения сразу перевешивает затраты на ее внедрение.

Вот только несколько типов таких задач:

- Ремонт, реконструкция, перепроктирование в тех случаях, когда исходная техническая документация в бумажной форме;
- Обеспечение экспортных поставок электронной документацией, с внесением частичных изменений, переводом на иностранный язык;
- Издание технической документации или создание технических иллюстраций для выпуска специализированных книг, например, пособий по ремонту и эксплуатации импортной техники;
- Создание геоинформационных и управленческих систем на базе бумажных планов, карт, схем, чертежей;
- Тиражирование большого объема бумажной документации низкого качества (светокопии, ксерокопии), для которой прямое копирование дает неприемлемые результаты.

*Илья Лебедев*  
**Consistent Software**  
тел. (095) 913-2222  
e-mail: [ilya@csoft.ru](mailto:ilya@csoft.ru)