

Технология формирования локальных архивов 2D-чертежей*

Д.Ю.Васин¹, С.И.Ротков²

¹НИИ Прикладной математики и кибернетики

Нижегородского Государственного Университета им.Н.И.Лобачевского;

²Нижегородский Государственный Архитектурно-Строительный Университет

Рассмотрена автоматизированная технология формирования локальных архивов машиностроительных 2D-чертежей.

Ключевые слова: *электронный архив, инженерная документация.*

Technology of formation of local archives 2D-drawings*

D. Yu. Vasin¹, S. I. Rotkov²

¹Research Institute of Applied Mathematics and Cybernetics,

Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod

²Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

We consider the automated technology of local archives engineering 2D-drawings.

Keywords: *electronic archive, engineering documentation.*

Не вызывает сомнений, что «за годы работы стоимость архива организации может превысить стоимость всех остальных ее активов» [1]. Бесспорно, в историческом плане от деятельности любой организации, занимающейся разработкой, производством и эксплуатацией подобных изделий и объектов, в первую очередь, остаются архивы проектной и конструкторской документации. Кроме того, широкое использование систем автоматизированного проектирования (САПР) существенно ускорило и упростило процесс создания/редактирования чертежей, но остается актуальной проблема их хранения и эффективного поиска нужной информации. Поэтому создание современных электронных архивов инженерной документации и обеспечения доступа к ним крайне актуально.

Электронный архив – это система структурированного хранения электронных документов, обеспечивающая надежность хранения, конфиденциальность и разграничение прав доступа, отслеживание истории использования документа, быстрый и удобный поиск. Электронный архив относится к классу систем управления корпоративным контентом (Enterprise Content Management). Он представляет собой информационную систему, специальное программное обеспечение, призванное автоматизировать процедуры управления архивным фондом документов организации в соответствии с требованиями государственного нормативного регулирования и спецификой внутренних процессов компании. Электронные архивы предприятий являются основой системы производственного документооборота и содержат, как правило, сканированные и оцифрованные образы бумажных докумен-

тов (конструкторско-технологических, финансово-отчетных, нормативных, патентных и т.п.) и электронные документы. Все чаще архивируется и корпоративная электронная корреспонденция.

Основная причина разработки и создания архива – наличие большого количества бумажной документации, постепенно приходящей в негодность, низкой эффективности ручной работы с документацией с одной стороны и наличием уже внедренных на предприятиях САПР, существовании необходимых программно-аппаратных средств для создания электронного архива, с другой стороны. Создание законченной системы документооборота конструкторской документации ведет прежде всего к повышению эффективности работы предприятия, и, как следствие к росту прибылей.

Основная задача архива – обеспечить сохранность данных. Создается картотека дел, которая хранит информацию о том, где находится документ, отслеживает, кто его запросил, на какой срок, и когда должен вернуть. В архиве должна быть предусмотрена возможность делать выборки файлов по указанным параметрам, например, по сроку хранения, чтобы вовремя избавляться от документов, не требующих хранения.

Основные возможности электронного архива проектной документации: создание электронной картотеки проектов, регистрация и учет входящих документов; ввод документов комплектами по проектам; контроль изменения документов, поддержка нескольких версий; создание копий документа и контроль их выдачи; создание пакетов документов для предоставления отчета по проектам; возможность создания электронных чертежей, редактирования; ведение статистики использования каждого документа или пакета документов.

Работа выполнена и опубликована при финансовой поддержке РФФИ, гранты 15-07-05110, 15-07-20347

Электронный архив конструкторской документации может включать:

- Графические документы: чертежи: детали, сборочные, чертежи общего вида, габаритные, упаковочные и т.д.; схемы.
- Текстовые документы: перечни элементов; пояснительные записки; таблицы; расчеты; инструкции; технические условия; эксплуатационные документы; ремонтные документы; спецификации и т.д.

При этом, наполнение соответствующего архива может осуществляться двумя путями:

- Формированием новых электронных чертежей «с нуля» при помощи САПР-систем. Современные системы САПР широко представлены средствами, обеспечивающими моделирование объектов различной сложности в различных отраслях деятельности. Эти программные комплексы упрощают работу проектировщиков и систематизируют процесс создания цифровой модели изделия.
- Автоматизированного перевода существующего бумажного чертежа в электронный вид с последующим занесением его в электронный архив.

В процессе автоматизированного проектирования оперируют геометрическими объектами (ГО), которые являются как промежуточными, так и окончательными результатами проектирования. ГО характеризуются параметрами, определяющими их форму, а также многими другими сведениями: материалом, чистотой поверхности, термообработкой, допускаемыми отклонениями на размеры и т. д. Большинство этих сведений обычно бывает задано в алфавитно-цифровой форме и поэтому не требует сложной переработки для представления в ЭВМ. Что касается формы ГО, то ее представление значительно сложнее. В дальнейшем нас будет интересовать только эта часть информации о ГО. Поэтому под моделью ГО мы понимаем совокупность сведений однозначно определяющих его форму, то есть принципиально должна существовать возможность установить на основании сведений о ГО для каждой точки пространства, принадлежит она этому объекту или нет. Форма ГО однозначно определяется его чертежом. В модели ГО все сведения о нем должны быть представлены только в алфавитно-цифровой форме (в виде уравнений, таблиц данных, текстовых описаний, построенных по определенным правилам).

В целом, рассматриваемая технология может быть внедрена как подсистема PDM (PLM)-технологии, являющаяся одной из ключевых CALS-технологий, позволяющая управлять данными об изделии, решая две проблемы, возникающие при разработке и поддержке жизненного цикла (ЖЦ) наукоемкой промышленной продукции: управление данными об

изделии и управление информационными процессами ЖЦ изделия, создающими и использующими эти данные. Данные об изделии представляют собой всю информацию, созданную в течение ЖЦ. Они включают в себя состав и структуру изделия, геометрические параметры, чертежи, планы проектирования и производства, спецификации, нормативные документы, программы для станков с ЧПУ, результаты анализа, эксплуатационные данные и пр. Автоматизация этих процессов ставит вопросы эффективного поиска и нахождения актуальных данных, и решения этих вопросов не всегда представляется тривиальным. Создаются и изменяются такие данные в результате выполнения определенных информационных процессов ЖЦ изделия, например процедуры внесения изменений. Информационные процессы могут быть достаточно сложными, охватывающими десятки сотрудников предприятия и при этом взаимосвязанными между собой. Таким образом, в проектах по разработке изделий необходимо не только планировать все входящие в них процессы, но и управлять их выполнением, распределяя задачи между исполнителями, определяя данные, которые им при этом необходимы, и обеспечивая их совместный доступ к этим данным.

При решении задачи CALS-технологий роль PDM-технологии состоит в том, чтобы сделать информационные процессы максимально прозрачными и управляемыми. Эта задача решается путем повышения доступности данных для всех участников ЖЦ изделия, что требует их интеграции в логически единую информационную модель. Системы PDM играют роль связующего звена между этапом инженерно-конструкторской подготовки нового изделия и системами, решающими задачи автоматизации управления финансами, складским хозяйством, снабжением и сбытом, а также техническим обслуживанием.

Очевидно, что PDM-система может выступать в двух основных ролях: 1) как рабочая среда сотрудника предприятия; 2) как средство интеграции данных на протяжении всего ЖЦ изделия [6].

Рассмотрим технологию автоматизированного перевода существующего бумажного чертежа в электронный вид с последующим занесением его в электронный архив.

Первичный анализ чертежа. На данном этапе выполняется визуальная оценка качества исходного чертежа и принимается решение о возможности его автоматической или интерактивной векторизации.

Сканирование. Перевод бумажного чертежа в электронный вид осуществляется посредством планшетных сканеров с разрешением 100–300 dpi. Цветовая палитра выбирается в зависимости от качества и способа получения исходного чертежа.

Для черно-белых чертежей хорошего качества используем бинарную палитру, для «древних» чертежей (синьки) используем сканирование в полноцветном режиме, с последующей цветовой фильтрацией и бинаризацией. Нам представляется предпочтительным использование растрового формата tif в качестве базового для хранения исходного раstra. Данный формат имеет теговую структуру и допускает создание собственных информационных тегов, что исключает необходимость создания дополнительных информационно-описательных файлов в процессе автоматизированной обработки. Кроме того, данный формат имеет хорошую программную поддержку, существует достаточное количество свободно-распространяемых библиотек с открытым кодом для поддержки данного формата. Открытость кода позволяет вносить в него необходимые изменения для поддержки новых тегов.

Геометрическая коррекция раstra. На данном этапе устраняются геометрические искажения (бумагу вставили в сканер с небольшим угловым отклонением), неправильная ориентация («бокком» или «вверх ногами»), нестандартный формат (отсканированный с перекосом чертеж будет иметь нестандартные размеры) и т.п. Допускается автоматическая коррекция по 4 узловым точкам или по сетке узлов.

Предварительная обработка, фильтрация и бинаризация раstra. Невысокое качество исходных бумажных чертежей обуславливает наличие различных искажений входного растрового изображения. Наиболее часто встречающиеся виды помех: низкая контрастность исходного раstra, следы посторонней «грязи» на исходном изображении, линиигиба, «снег» на изображениях, ложные пустоты внутри растровых объектов, ошибочные слипания/разрывы растровых объектов, неравномерность толщины растровой линии. Указанные виды помех требуют выполнения операций контрастирования и фильтрации над исходным растром.

Фильтрация. Предполагалось, что изображение искажено белым гауссовым шумом и выполнялась адаптивная фильтрация яркости посредством НЧ-адаптивного фильтра. Очевидно, что данный фильтр сглаживает не только шум, но также яркостные и цветные границы. При выполнении этого вида фильтрации сначала анализируем прямоугольную, размером $K \times N$, окрестность каждого пикселя, для которого оценивается яркость. В результате этого анализа находим среднее значение яркости \bar{L}_c внутри окна

$$\bar{L}_c = \frac{1}{KN} \sum_{-K/2}^{K/2} \sum_{-N/2}^{N/2} L_c(k, n),$$

а также средний квадрат отклонения от среднего значения яркости σ^2 в этом окне

$$\sigma^2 = \frac{1}{KN} \sum_{-K/2}^{K/2} \sum_{-N/2}^{N/2} [L_c(k, n) - \bar{L}_c]^2,$$

после чего производится непосредственно фильтрация. Учтем, что σ включает в себя как компонент, обусловленный шумом $\sigma_{ш}$, так и компонент, обусловленный изменением яркости в незашумленном изображении σ_L , в свою очередь обусловленную его текстурой и контурами. Поскольку эти компоненты взаимно не коррелированы, то $\sigma^2 = \sigma_{ш}^2 + \sigma_L^2$. Адаптивная фильтрация выполняется таким образом, что в тех местах изображения, для которых дисперсия яркости σ^2 велика, фильтр выполняет слабое сглаживание, поскольку значительная доля отклонения яркости от среднего значения в этих местах обусловлена наличием световых границ или текстурами, которые необходимо сохранить. В тех местах изображения, для которых σ^2 мала, осуществлялось сглаживание в большей степени, так как отклонение яркости от среднего в этих местах изображения обусловлены шумом. При этом, значения яркости пикселей в профильтрованном изображении находятся по формуле:

$$\bar{L}_c(k, n) = \bar{L}_c + \frac{\sigma^2 - \sigma_{ш}^2}{\sigma^2} [L_c(k, n) - \bar{L}_c]$$

Из формулы следует, что при отсутствии шумов $\sigma_{ш}^2 = 0$ и результат фильтрации совпадает с исходным значением яркости, при большой дисперсии шума оценка яркости пикселя $\bar{L}_c(k, n)$ приближается к среднему значению яркости \bar{L}_c внутри окна. В итоге, результат адаптивной фильтрации оказывается лучше, чем при неадаптивной фильтрации. Адаптивный фильтр является более избирательным, нежели сопоставимый ему линейный фильтр, но требует больших вычислительных затрат.

Повышение резкости профильтрованного изображения. Процесс осуществляется посредством усиления контраста между светлыми и темными пикселями. Изменение контраста на границах происходит между соседними пикселями или группами смежных пикселей. При усилении резкости границы преувеличенно подчеркиваются за счет повышения контраста и, таким образом, создаются очень четкие края с резкими переходами между светлым и темным, которые указывают нам, где объект начинается и заканчивается.

Линейное контрастирование. При линейном контрастировании используется линейное поэлементное преобразование вида: $y = ax + b$, параметры которого a и b определяются желаемыми значениями минимальной y_{\min} и максимальной y_{\max}

выходной яркостями при экстремальных значениях исходной яркости x_{\min} и x_{\max} . Решив систему уравнений:

$$\begin{cases} y_{\min} = a \times x_{\min} + b \\ y_{\max} = a \times x_{\max} + b \end{cases}$$

относительно параметров преобразования a и b , получаем

$$y = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}(y_{\max} - y_{\min}) + y_{\min}, \quad (1)$$

y – выходная яркость контрастированного пикселя. Тогда алгоритм линейного контрастирования состоит в линейном просмотре всех пикселей исходного изображения и попиксельном изменении их яркости в соответствии с преобразованием (1) для получения выходного контрастированного изображения.

Бинаризация – осуществлялась для 8, 16, 24, 32-битных исходных растров. Использовался стандартный пороговый алгоритм. Порог бинаризации оценивался гистограммным методом.

Интерактивное редактирование – осуществляется любым доступным растровым графическим редактором. Основная задача редактирования – разделение неправомерно слипшихся частей чертежа, возникающие в результате искажений в процессе сканирования. В настоящее время ведутся работы по созданию интеллектуального растрового редактора для автоматизированного редактирования растров чертежей.

Векторизация – использовались алгоритмы построения линейных моделей, разработанные в НИИ ПМК ННГУ. адаптированные к рассматриваемой предметной области [2, 3]. Результаты векторизации записываются в dxr-файл для обеспечения возможности дальнейшего интерактивного редактирования существующими САД-системами. Автоматический поиск ошибок векторизации. Осуществляется автоматический поиск ошибок векторизации подсистемой поиска геометрических ошибок [4, 5]. Коррекция осуществляется существующими САД-системами в автоматически выделенных областях.

Загрузка векторного чертежа в базу данных. В соответствии с ГОСТ 2.104-2006 ЕСКД были использованы обязательные атрибуты чертежа, разделенные на две таблицы: 1. таблица «Основные Сведения» содержит атрибуты, описывающие новую запись в базе, 2. таблица «Изменения» содержит атрибуты, предназначенные для записи изменения существующей записи. Все поля обеих таблиц являются обязательными для заполнения.

Описание атрибутов таблицы «Основные Сведения». Ключевым является автоинкрементное поле

идентификатор записи. Следующие поля являются текстовыми: *Наименование изделия, Наименование документа, Обозначение документа, Код документа, Характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ, Фамилия лица, подписывающего документ, Дата подписания документа, Фамилия лица, принявшего подлинник, Фамилия лица, принявшего дубликат, Номер решения утверждения документации Фамилия должностного лица.* Поле *Год утверждения документации* является целочисленным. Следующие поля имеют тип Дата/Дата Время: *Дата приемки, Дата приемки дубликата, Дата визирования.*

Описание атрибутов таблицы «Изменения». Ключевым является автоинкрементное поле *идентификатор записи.* Поле *Порядковый номер изменения* – целочисленное. Следующие поля являются текстовыми: *Указания об изменении листа, Номер документа на основании которого производятся изменения, Фамилия лица, внесшего изменения, Ссылка на чертеж.* Поле *Дата внесения изменения* имеет тип Дата/Дата время.

Каждый чертеж имеет свой уникальный индекс ID и каждому чертежу будет соответствовать набор атрибутов из таблицы «Изменения». Поэтому таблицы связаны отношением «один ко многим».

Выбор СУБД. В качестве используемой СУБД предлагается платформа MySQL, поскольку поддерживает структурированный язык запросов SQL и может применяться в качестве SQL-сервера. Технология информационного обмена между сервером и клиентом стандартная: на языке SQL клиент посылает серверу запрос, тот его обрабатывает и отдает клиенту только те данные, которые были получены в результате этого запроса. Тем самым клиенту не требуется скачивать данные и производить вычисления. MySQL – имеет открытый код. Преимущества MySQL: *быстродействие.* Благодаря внутреннему механизму многопоточности быстродействие MySQL весьма высоко; *безопасность.* Довольно высокий уровень безопасности обеспечивается благодаря базе данных mysql, создающейся при установке пакета и содержащей пять таблиц. При помощи этих таблиц можно описать, какой пользователь из какого домена с какой таблицей может работать и какие команды он может применять. Пароли, хранящиеся в базе данных, можно зашифровать при помощи встроенной в MySQL функции password(); *Открытость кода.* Благодаря этому можно добавлять в пакет нужные функции, расширяя его функциональность так, как требуется; *Надежность.* СУБД достаточно стабильна и защищена от сбоев; *Сообщество.* Как следствие открытости кода, стабильной и надежной ее работы образовалось сообщество людей, которые всячески участвуют в ее развитии и совершенствовании; *Переносимость.* В настоящее время суще-

ствуют версии программы для большинства распространенных компьютерных платформ.

В настоящее время реализована загрузка в базу данных растрового изображения чертежа, либо dxf-файла чертежа и запросы на выгрузку нужного чертежа и возможных его изменений.

Литература

- [1] *Нужненко С., Орешкин А., Богданова И.* Почему нынче документооборот // CADmaster, 03/2007, 42с.
- [2] *Васин Ю.Г., Башкиров О.А., Рудометова С.Б.* Математические модели структурированного описания графических изображений // Автоматизация обработки сложной графической информации, Горький: 1984. – С.92–117.
- [3] *Васин Д.Ю.* Исследование моделей описания, разработка алгоритмического, программного и технологического обеспечения обработки растровых изображений графических документов // Дисс. канд. техн. Наук, 05.01.01. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2006.
- [4] *Васин Д.Ю., Ротков С.И.* Автоматическое обнаружение геометрических ошибок на машиностроительных 2D-чертежах // 24-ая Международная конференция по компьютерной графике и зрению Графикон'2014 (30 сентября — 3 октября, 2014 г.), Ростов-на-Дону: Академия архитектуры и искусств, Институт механики, математики и компьютерных наук, Южный Федеральный Университет. С.20–22
- [5] *Васин Д.Ю., Ротков С.И.* втоматическое обнаружение геометрических ошибок на машиностроительных 2D-чертежах при формировании электронных архивов // Приволжский научный журнал, Н. Новгород: ННГАСУ, 2015.-№3(35). – С.68–81
- [6] <http://www.tadviser.ru/index.php/> – Продукт: Лоцман: PLM.