

Е.В. ПУГИН, А.А. ЗАХАРОВ

**Разработка системы  
автоматической реконструкции  
трёхмерных моделей по  
техническому чертежу**

УДК 004.93

Муромский институт  
(филиал) ФГБОУ ВПО  
«Владимирский  
государственный  
университет имени  
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,  
г.Муром

*В статье рассматриваются вопросы построения системы реконструкции 3D-модели детали по техническому чертежу. Описан алгоритм преобразования ортогональных видов в 3D-объект.*

*In this paper building the system of 3D-model reconstruction from technical drawing is given. Described algorithms of conversion from orthogonal views to 3D-object.*

В настоящее время на предприятиях накоплено большое количество чертежей деталей, узлов, сборок в электронном виде. Чертежи часто сложны для понимания, неудобны для корректировки и редко могут служить основой для дальнейших разработок с использованием компьютерных систем. Было бы удобно использовать существующие электронные чертежи для создания трехмерных моделей проектируемых объектов. Компьютерная трехмерная модель объекта может использоваться для разработки управляющих программ, инженерного анализа, визуализации [1, 2, 4, 5].

Преобразование ортогональных видов в трехмерные модели в настоящее время осуществляется только для объектов простых форм при непосредственном участии пользователя, что очень трудоемко и не всегда оправданно [3, 6, 7, 8]. Часто бывает легче создать деталь заново на основе стандартных средств геометрического моделирования. Решить данные проблемы позволит создание автоматических систем по преобразованию чертежей деталей в трехмерные модели. Проблема разработки программы автоматиче-

ской реконструкции трёхмерной модели по ортогональным видам является особенно актуальной [9-14].

Процедура трехмерной реконструкции довольно сложна и требует разработки алгоритмов её выполнения [4, 7]. Автоматический синтез требует точности исходных данных. Незначительная ошибка может привести к неоднозначности и невозможности организации представления 3D-модели. В этом случае необходимо совершенствовать алгоритмы анализа и преобразования двумерных изображений объектов.

Опытный образец системы реконструкции содержит следующие подсистемы:

1. Подсистема преобразования исходных чертежей из формата DXF в геометрическое представление примитивов системы.

2. Ядро графических примитивов, включающее не только описания примитивов, но и простейшие функции для работы с ними. К графическим примитивам системы относятся точка, отрезок, окружность, полигон, цилиндрическая поверхность.

3. Подсистема реконструкции трехмерной модели детали. К функциям подсистемы реконструкции относится поиск пересечений, нахождение общих точек на видах чертежа, отслеживание ошибок, сохранение результатов.

Для обеспечения непрерывного процесса в производстве, программа должна быть полностью автоматической и управляться командным интерфейсом. В таком случае появляется возможность включения модуля реконструкции в системы пакетной обработки.

Таким образом, взаимодействие модулей разрабатываемой системы можно представить в виде схемы, показанной на рис. 1.

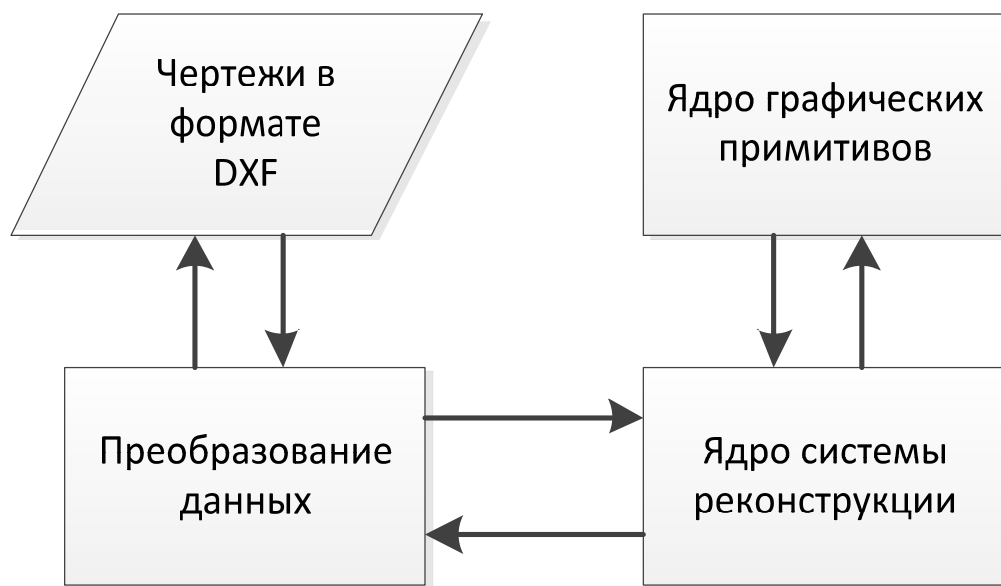


Рис. 1. Схема взаимодействия модулей системы автоматической реконструкции трехмерных моделей по чертежу

Программа разработана для работы в консольном режиме. Его преимущество заключается в том, что такая программа может быть включена в пакетную обработку множества чертежей без необходимости участия пользователя в процессе реконструкции.

Работа с программой производится следующим образом:

1. На вход программы подаётся имя файла, содержащего в себе информацию о чертеже в формате DXF.

2. Основной модуль вызывает подпрограмму, находящуюся в библиотеке `converter.dll`, которая выполняет чтение и преобразование файла DXF в формат, который описывает основные геометрические примитивы системы.

3. Программа считывает преобразованные данные и загружает их.

4. Происходит обработка и реконструкция трёхмерной модели детали по алгоритму, описанному далее.

5. Данные об элементах трёхмерной модели сохраняются во временном файле.

6. Подпрограмма-конвертер преобразует результат в формат DXF, который может использоваться для дальнейших операций.

Алгоритм реконструкции, реализованный в системе, состоит из следующих шагов.

1. Выделение каждого вида в отдельный объект.

- 1.1. Нахождение примитивов видов.
- 1.2. Нахождение всех связанных с примитивами элементов.
2. Определение границ видов в виде минимальных и максимальных значений координат  $x$  и  $y$  элементов изображения.
3. Добавление к видам несвязанных элементов, лежащих внутри вида (например, отверстий).
4. Установка условного порядка видов: главный вид – F (Front), вид слева – L (Left), вид сверху – T (Top).
5. Установка каждого из видов в начало координат  $O(0,0,0)$ . Главный вид должен быть расположен параллельно плоскости OYZ, вид слева – плоскости OXZ, вид сверху – плоскости OXY.
6. Создание вспомогательных линий в узловых точках каждого вида.
7. Установка на пересечении линий точек каркаса трёхмерного объекта.
8. Проведение основных линий каркаса.
9. Определение и маркировка граней трёхмерной модели на основе замкнутых контуров и частей трёхмерных объектов.

Система разработана на языке C++ в среде Microsoft Visual Studio 2010. Работа программы осуществляется в автоматическом режиме. Чтобы система была полностью универсальна для различных геометрических форм, необходимо описать шаблоны всех примитивов, которые могут встречаться при моделировании.

Разработка программы ведётся с применением принципов объектно-ориентированного программирования: полиморфизма, наследования и инкапсуляции. Поэтому система обладает потенциалом наращивания возможностей с минимальными затратами времени и средств. Это позволяет использовать систему не только для решения технических задач, но и для исследования проблем реконструкции трёхмерных объектов.

Важной частью системы является модуль графических примитивов. Изначально графический примитив представляет собой абстрактную модель или класс, который содержит базовый набор функций и методов, применяемых ко всем остальным геометрическим объектам. Такими функциями могут быть: получение типа или имени примитива, получение списка примитивов, метод копирова-

ния примитива и другие. Данные методы должны быть переопределены в объектах-потомках.

Основным геометрическим объектом системы является точка. Для описания точки используются три вещественных числа – координаты  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . На основе объекта «точка» строятся другие объекты. Например, линия содержит в себе координаты начала и конца отрезка, окружность или сфера – координаты центра и радиус. Важной особенностью работы с геометрическими примитивами является выполнение операций сравнения.

При вычислениях система реконструкции оперирует наборами геометрических примитивов. Для этого используются различные структуры данных. Вектора объектов используются для хранения загруженных примитивов из модуля преобразования. Используются массивы для хранения узлов исходных объектов и массивы для определения числа вспомогательных линий, пересекающихся в некоторой точке.

Разработанная система может использоваться в качестве удобного инструмента для реконструкции моделей объектов, а также для проведения научных исследований по разработке более точных и быстрых алгоритмов.

## Литература

1. Захаров А.А. Исследование алгоритмов формирования трехмерной модели по ортогональным видам// Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2010. №15. С. 4–9.
2. Захаров А.А. Алгоритм синтеза трехмерных объектов по основной и уточняющей проекциям // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2007. №12. С. 90–94.
3. Захаров А.А. Алгоритм реконструкции геометрических форм по одной проекции // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2009. №14. С. 39–43.
4. Захаров А. А. Трехмерная реконструкция объектов по видам чертежа для задач информационной системы промышленного предприятия// Алгоритмы, методы и системы обработки данных: электронный журнал. 2011. №17.
5. Захаров А. А., Стулов Н. Н., Самсонова Н. С. Описание трехмерных форм на основе контурного представления// Алгоритмы, методы и системы обработки данных: электронный журнал. 2011. №18.
6. Захаров А.А. Автоматическая реконструкция трехмерных объектов по техническому чертежу// Программные продукты и системы, №4, 2011. – С. 168–170.

7. Захаров А.А. Алгоритм автоматической реконструкции трехмерных объектов по ортогональным видам чертежа для CAD-систем// Системы управления и информационные технологии, №4(46), 2011. – С. 78-82.

8. Захаров А. А. Разработка алгоритмов реконструкции трёхмерных объектов по проекциям// Научно-технический вестник Поволжья, 2010. № 1. С. 82-85.

9. Cayiroglu I., Cavusoglu A., Celik V. A New Method for Extracting 3D Solid Models of Objects using 2D Technical Drawings// Mathematical and Computational Applications, Vol. 12, № 1, 2007. – P. 31-40.

10. Cicek A., Gulesin M. Reconstruction of 3D models from 2D orthographic views using solid extrusion and revolution// Journal of Materials Processing Technology, Vol. 152, № 3, 2004. – P. 291-298.

11. Geng W., Wang J., Zhang Y. Embedding visual cognition in 3D reconstruction from multi-view engineering drawings// Computer-Aided Design, Vol. 34, № 4, 2002. – P. 321-336.

12. Lee H., Han S. Reconstruction of 3D interacting solids of revolution from 2D orthographic views// Computer-Aided Design, Vol. 37, № 13, 2005. – P. 1388-1398.

13. Liu S.X. Reconstruction of curved solids from engineering drawings// Computer-Aided Design, Vol. 33, № 14, 2001. – P. 1059-1072.

14. You C.F., Yang S.S. Automatic Feature Recognition from Engineering Drawings// The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 14, № 7, 2008.– P. 495-507.

E-MAIL: EGOR.PUGIN@GMAIL.COM

AA-ZAHAROV@YA.RU