

А.А. ЗАХАРОВ

**Трехмерная реконструкция
объектов по видам чертежа для
задач информационной системы
промышленного предприятия**

УДК 004.93

УДК 004.932.2

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО

«Владимирский
государственный
университет имени

Александра

Григорьевича и Николая

Григорьевича

Столетовых», г. Муром

*Работа выполнена при поддержке гранта
МК–8838.2010.9*

Рассмотрены вопросы автоматической реконструкции трехмерных объектов по техническому чертежу. Разработан алгоритм реконструкции трехмерных моделей на основе граничного представления. Алгоритм использует шаблоны для распознавания типовых конструктивных элементов модели. Приведены практические результаты работы алгоритма.

Questions of automatic reconstruction of three-dimensional objects from technical drawing are considered. The algorithm of reconstruction of three-dimensional models on the basis of boundary representation is developed. The algorithm uses masks for recognition of typical structural elements of model. Practical results of work of algorithm are shown.

В настоящее время в архивах предприятий накоплено большое количество технических чертежей, представленных как в бумажном, так и в электронном виде. Кроме того, разработка многих объектов часто начинается не с трехмерной модели, а с чертежа. Двумерные чертежи часто сложны для понимания, неудобны для корректировки и не могут служить основой для дальнейших разработок с использованием компьютерных систем. Одной из составляющих электронной модели изделия является компьютерная трехмерная модель объекта, которая может использоваться для разработки управляющих

программ, инженерного анализа, визуализации и т.д. Современные CAD-системы имеют широкий набор средств для создания трехмерных моделей «с чистого листа»: булевы операции, операции объектно-ориентированного моделирования, 2.5D-операции, операции модификации вершин, ребер и граней. Практически все CAD-системы позволяют осуществлять генерацию чертежей по трехмерной модели. Однако, получение трехмерной модели по чертежу вызывает у проектировщиков затруднения, связанные с отсутствием математического и программного обеспечения [4-6].

Создание системы, выполняющей автоматическую реконструкцию трехмерных моделей по техническому чертежу, позволило бы во много раз сократить время проектирования объектов различного назначения. Поэтому необходимо разрабатывать алгоритмы и программное обеспечение автоматической реконструкции трехмерных моделей объектов по техническому чертежу.

Все алгоритмы восстановления трехмерных моделей по чертежам можно условно разделить на две группы: CSG- и B-гер подходы [1-3]. CSG-ориентированный (constructive solid geometry – конструктивная блочная геометрия) подход, использует стратегию восстановления «сверху-вниз». Подход основан на том, что каждый трехмерный объект может быть построен из определенного двумерного примитива иерархическим способом. На чертеже отыскиваются шаблоны, которые будут служить базой и использоваться для перевода в трехмерную модель. После этого сконструированные примитивы собираются в результирующую трехмерную модель при помощи булевых операций. Недостатком CSG-ориентированного подхода является то, что с помощью него трудно распознавать базовые примитивы на сложных чертежах. Также при использовании CSG-геометрии затруднительно представить поверхности сложной формы.

B-гер-ориентированный (bounding representation – граничное представление) подход использует «восходящую» технологию. B-гер-ориентированные алгоритмы состоят обычно из следующих шагов:

- генерирование возможных трехмерных вершин из чертежа;
- синтез ребер по полученным координатам вершин;

– конструирование граней из ребер, лежащих в одной плоскости;

– формирование трехмерного объекта из граней.

Граничное представление обеспечивает большие возможности для моделирования сложной геометрии объекта, чего нельзя достичь при использовании CSG-подхода. Однако, при использовании В-гер-представления требуется большой объем памяти для хранения и обработки данных. Кроме того, создаваемая модель логически менее устойчива, то есть возможно построение неоднозначных конструкций.

Существующие алгоритмы реконструкции по чертежам также характеризуются следующими свойствами: степень участия оператора в процессе реконструкции, геометрия поверхностей, количество видов на чертеже, возможность корректировки ошибок, обработка разрезов и т.д. Был проведен анализ существующих алгоритмов трехмерной реконструкции моделей объектов по техническому чертежу. Анализ показал, что существующие подходы в основном разработаны для объектов с достаточно простой геометрией. Эти алгоритмы часто не позволяют выполнять реконструкцию многогранных поверхностей, скруглений, пазов, отверстий. В работе представлен алгоритм, который позволяет распознавать эти конструктивные элементы на основе заранее определенных шаблонов.

Представляемый алгоритм разработан на основе В-гер-представления, что дает большие возможности по описанию геометрии сложной формы. Основная идея алгоритма состоит в нахождении конструктивных элементов трехмерной модели с помощью заранее определенных шаблонов. Шаблоны описываются при помощи матриц. На основе шаблонов описываются такие элементы, как отверстия, пазы, фаски и т.д.

Разработанный алгоритм обрабатывает данные векторного чертежа, сохраненного в формате DXF (Drawing eXchange Format – формат обмена чертежами). Алгоритм состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Чтение векторного файла чертежа. Считываются параметры примитивов (значения координат вершин, радиусов, центров окружностей и т.д.).

Шаг 2. Автоматическое разделение чертежа на виды. Алгоритм работает для чертежей, состоящих из трех видов: вид спереди, вид сверху и вид слева. В этом случае проверяется расположение примитивов чертежа относительно горизонтально и вертикально перемещающихся прямых. Например, процесс разделения чертежа на главный вид и вид слева завершается, когда существуют примитивы, находящиеся слева и справа от прямой, описываемой уравнением $x = A$. При этом прямая не пересекает ни один из примитивов чертежа. В этом случае для каждой вершины примитива выполняется либо условие $x_i > A$, либо условие $x_i < A$. Аналогично происходит разделение чертежа на главный вид и вид сверху.

Шаг 3. Нахождение координат вершин трехмерной модели на основе видов (рис.1). Если главный вид обозначить F (Front), вид слева – L (Left), вид сверху – T (Top), то определить трехмерные координаты вершин можно из условий: $x_F = x_T$, $y_F = y_L$, $z_F = z_L$. Подразумевается, что чертежи разработаны в САД-системе с использованием стандартных инструментов: объектная привязка, привязка к сетке и т.д.. Любая неточность в построении примитивов приводит к неоднозначной интерпретации изображения.

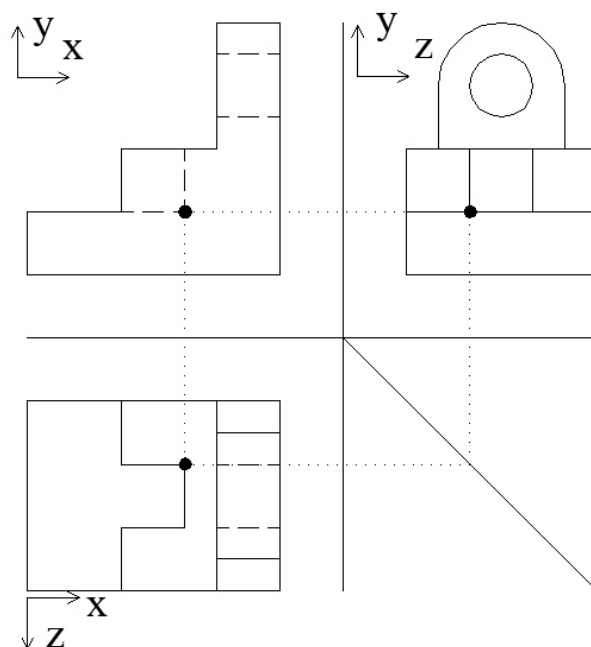


Рис.1. Соответствие координат вершин на видах чертежа

Шаг 4. Определение и маркировка примитивов проволоочной модели. Проволоочная модель состоит из отрезков прямых, дуг,

окружностей, сплайнов и т. д. Если хотя бы две проекции примитива на видах совпадают, то находятся соответствующие примитиву вершины, координаты которых вычислены на шаге 3. Описание примитива в трехмерном пространстве заносится в память и ему присваивается номер.

Шаг 5. Определение и построение граней модели реконструируемого объекта. Грань строится на основе замкнутого контура примитивов, принадлежащих одной плоскости. Контур должен состоять из минимально возможного количества примитивов.

Шаг. 6. Определение и построение конструктивных элементов модели на основе шаблонов. Каждый типовой элемент можно определить на основе смежности трехмерных примитивов (отрезков прямых, окружностей, дуг), извлеченных из чертежа. Смежными будем считать примитивы, которые имеют общую вершину. Таким образом, каждый конструктивный элемент можно представить проволочной моделью (рис. 2).

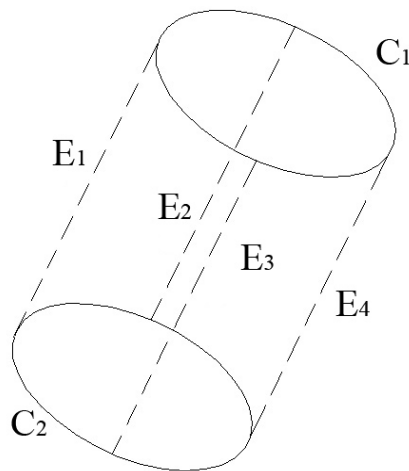


Рис.2. Конструктивный элемент, представленный проволочной моделью

Взаимное расположение примитивов можно описать на основе матрицы смежности. Каждый столбец описывает дугу или окружность, а строка – отрезок прямой. На пересечении строки и столбца находится цифра, определяющая смежность примитивов и их обозначение на чертеже. В системе заранее хранятся матрицы, определяющие шаблоны конструктивных элементов.

В зависимости от взаимного расположения отрезка прямой и окружности (или дуги) элементы матрицы могут принимать следующие значения:

– $M[i, j]=0$, если окружность (или дуга) и отрезок прямой не смежны;

– $M[i, j]=1$, если окружность (или дуга) и отрезок прямой смежны. Окружность (или дуга) и отрезок прямой представлены сплошной линией;

– $M[i, j]=2$, если окружность (или дуга) и отрезок прямой смежны. Окружность (или дуга) представлена сплошной линией, а отрезок прямой – штриховой линией;

– $M[i, j]=3$, если окружность (или дуга) и отрезок прямой смежны. Окружность (или дуга) представлена штриховой линией, а отрезок прямой – сплошной линией;

– $M[i, j]=4$, если окружность (или дуга) и отрезок прямой смежны. Окружность (или дуга) и отрезок прямой представлены штриховой линией.

Для элемента, представленного на рисунке 2, соответственно матрица смежности будет иметь вид:

$$M_1 = \begin{bmatrix} 2 & 2 & \dots \\ 2 & 2 & \dots \\ 2 & 2 & \dots \\ 2 & 2 & \dots \\ \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}, \quad (1)$$

На основе извлеченной из чертежа информации строятся матрицы и сравниваются с шаблонами, хранящимися в системе. Если параметры шаблонов совпадают, то делается вывод о присутствии на чертеже того или иного конструктивного элемента. Далее создается граничное представление формы элемента.

В качестве тестового примера был взят чертеж, представленный на рисунке 1. Результат реконструкции видов представлен на рисунке 3.

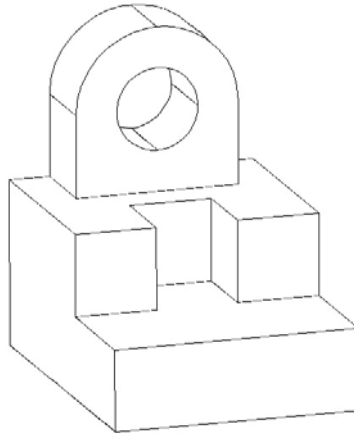


Рис. 3. Реконструируемая трехмерная модель

Разработанный алгоритм является полностью автоматическим и работает только с чертежами, представленными в векторной форме. Алгоритм предъявляет высокие требования к точности построения чертежей, обрабатывает невидимые линии и криволинейные поверхности. Чтобы система была полностью универсальна для различных геометрических форм, необходимо описать шаблоны всех примитивов, которые могут встречаться при моделировании. Опытные модули системы разработаны на языке AutoLISP для системы AutoCAD.

Литература

1. Захаров А.А. Исследование алгоритмов формирования трехмерной модели по ортогональным видам// Алгоритмы, методы и системы обработки данных: Сборник научных статей – М.: ООО «Центр информационных технологий в природопользовании», 2010. – С. 4 – 9.
2. Захаров А. А. Разработка алгоритмов реконструкции трёхмерных объектов по проекциям// Казанская наука. №8 Вып. 1. 2010г. – Казань: Изд-во Казанский Издательский Дом, 2010. – С. 116-119.
3. Elias M., Kebisek M. An Overview of Methods for 3D Model Reconstruction from 2D Orthographic Views// Proceedings of the International Workshop “Innovation Information Technologies: Theory and Practice”. 2010. pp. 65-69.
4. Geng, W., Wang J., Zhang Y. Embedding visual cognition in 3D reconstruction from multi-view engineering drawings// Computer-Aided Design. 2002. V. 34. № 4. pp. 321-336.
5. Liu S. X. Reconstruction of curved solids from engineering drawings// Computer-Aided Design. 2001. V.33. № 14. pp. 1059-1072.
6. Wang Z., Latif M. Reconstruction of 3D Solid Models Using Fuzzy Logic Recognition// Proceedings of the World Congress on Engineering. 2007. V. 1. pp. 37-42.

E-MAIL: AA-ZAHAROV@YA.RU