

Структура данных в CAD-системах

При создании твердого тела с применением CAD-системы в компьютере сохраняется его математическое описание. Структуры данных, используемые для описания объемных тел, обычно делятся на три типа в зависимости от того, какие тела ими описываются.

Первая структура представляет собой дерево, описывающее историю применения булевских операций к примитивам. Журнал операций называется конструктивным представлением объемной геометрии (Constructive Solid Geometry - CSG representation). Дерево называется деревом CSG.

Дерево CSG обладает следующими *преимуществами*:

- структура данных проста, а их представление компактно, что облегчает обработку;
- объемное тело, описываемое деревом CSG, всегда является корректным, т.е. его внутренний объем однозначно отделен от внешнего;
- представление CSG всегда может быть преобразовано к соответствующему граничному представлению. Это позволяет взаимодействовать с программами, ориентированными на использование таких структур;
- параметрическое моделирование легко реализуется изменением параметров соответствующих примитивов.

Недостатки:

- поскольку дерево CSG хранит историю применения булевских операций, в процессе моделирования могут использоваться только они, что резко ограничивает диапазон моделируемых объектов, более того, они исключают использование удобных функций локального изменения, таких как поднятие и скругление;
- для получения сведений о граничных поверхностях, их ребрах и связях между этими элементами из дерева CSG требуются сложные вычисления.

Из-за этих недостатков в программы, использующие CSG включают также сведения о границах – это *гибридное представление* и оно требует согласованности между двумя структурами данных.

Вторая структура содержит сведения о границах объема (вершинах, ребрах, гранях) и их соединении друг с другом. Это представление называется граничным представлением (Boundary representation - B-rep), а структура данных - структурой B-rep.

Структура B-реп проста и компактна, но имеет ряд *недостатков*:

- структура ориентирована на хранение плоских многогранников. Если потребуется сохранить данные о теле с криволинейными гранями и ребрами придется изменять описания и включать в них уравнения поверхности и кривой соответственно;
- грань с внутренними внешними границами не может быть сохранена в таблице граней, поскольку для нее нужно два списка ребер вместо одного. Такие грани появляются, например, при моделировании объемных тел со сквозными отверстиями;
- количество ребер у разных граней может быть различно;

- получать сведения о связности непосредственно из данных, сохраненных в трех таблицах может быть довольно утомительно.

Есть две распространенные структуры данных, которые позволяют избежать перечисленных проблем при сохранении граничного представления объемного тела. Это *структура полуребер* и *структура крыльевых ребер*.

Структура полуребер представляет собой список граней, каждой из которых соответствует двусвязный список ребер. В этой структуре главная роль в описании объемного тела отводится граням. В структуре крыльевых ребер главная роль, напротив, отводится ребрам. Для каждого ребра сохраняется список граней, которым оно принадлежит, ребер, с которыми оно имеет общие вершины, и вершин на его концах.

Третья структура представляет объем в виде комбинации элементарных объемов (например, кубов). Такая модель называется *декомпозиционной*. Можно предложить много декомпозиционных моделей описания одного и того же тела. Модель включает в себя простейшее тело и метод объединения в совокупность. К типичным декомпозиционным моделям с соответствующими структурами данных относятся воксельное представление, представление октантного дерева и ячеечное представление.

Воксельное представление объемного тела (рис. 1) – это трехмерный аналог растрового представления плоской фигуры.

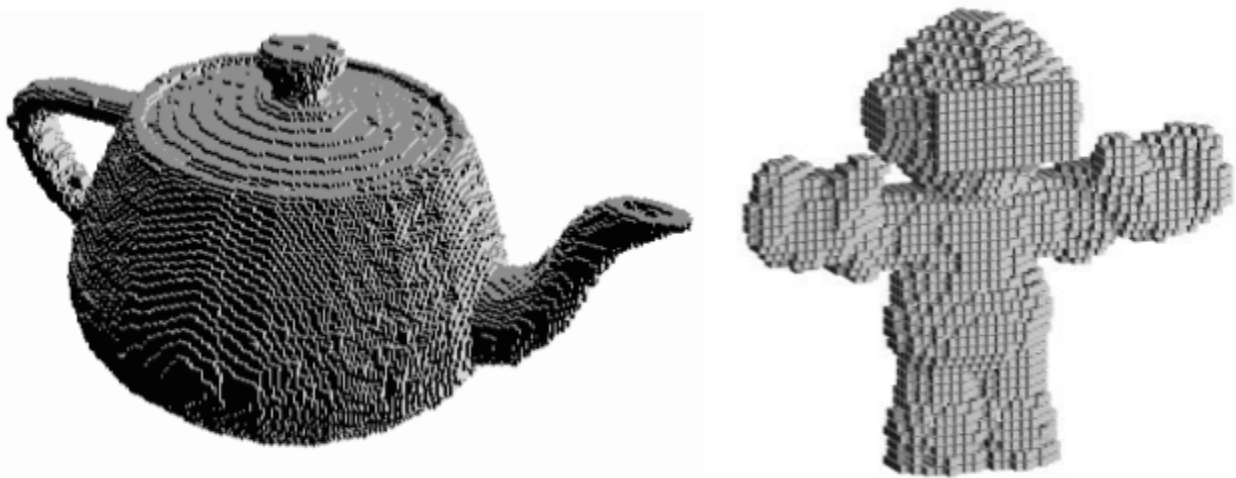


Рисунок 1 - Воксельное представление объемного тела

Преимущества воксельного представления:

- позволяет точно или приблизительно описать объемное тело произвольной формы;
- легко рассчитывать параметры объемного тела (масса, момент инерции), легко использовать булевские операции;
- воксельное представление автоматически описывает пространство вне тела, поэтому оно удобно для расчета объема полных структур.

Недостатки воксельного представления:

– объем памяти резко возрастает с уменьшением размеров вокселей. Размер вокселей определяет точность приближения исходного тела, поэтому моделирование может потребовать предельного его снижения;

– воксельное представление по определению является приближенным описанием исходного тела, поэтому систем твердотельного моделирования, в которых оно используется, довольно мало.

Представление октантного дерева аналогично воксельному в том плане, что тело рассматривается как совокупность шестигранников (куб - это правильный шестигранник), однако это представление предъявляет значительно менее серьезные требования к памяти благодаря иной схеме деления пространства.

Процедура построения представления октантного дерева выглядит следующим образом. Сначала создается шестигранник, в который целиком помещается моделируемое тело. Этот шестигранник называется корневым октантом. Затем корневой октант делится на восемь октантов, после чего анализируется их положение в пространстве по отношению к моделируемому телу. Если октант находится внутри тела, он считается «черным», если снаружи – «белым». Если же октант частично лежит внутри тела, а частично - снаружи, то он считается серым и делится на 8 октантов меньшего размера. Черные и белые октанты дальше не делятся. Процедура продолжается до тех пор, пока не достигается заданный минимальный размер октанта.

Ячеечное представление (рис. 2) – метод представления объемного тела в виде комбинации простых элементов, подобный воксельному представлению. Однако, ячейечный метод не накладывает жестких ограничений на форму элементов. Формирование сетки конечных элементов для конечно-элементного анализа является частным случаем ячейечного представления.

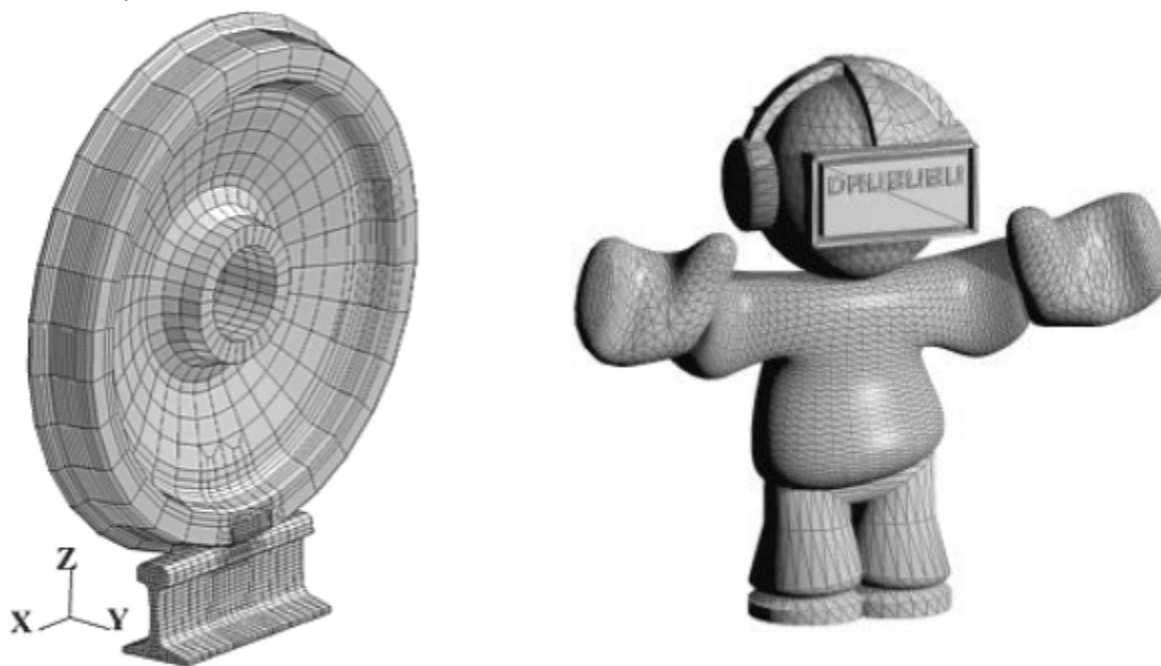


Рисунок 2 - Ячеечное представление объемного тела