

ВЫПОЛНЕНИЕ БУЛЕВЫХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Д.В. Куреннов, А.С. Паргин

Институт машиноведения, УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация

Представлено описание структуры данных для представления информации о трехмерном объекте. Рассмотрен алгоритм построения линии пересечения пространственных объектов и алгоритмы выполнения основных булевых операций (объединение, вычитание) над трехмерными объектами.

PERFORMANCE OF BOOLEAN OPERATIONS AT MODELLING OF THREE-DIMENSIONAL OBJECTS

The description of data structure for representation of the information on the three-dimensional object is presented. The algorithm of construction of a line of an intersection of space objects and algorithms of performance of the main boolean operations (association, subtraction) over three-dimensional objects is considered.

1. ВВЕДЕНИЕ

Опыт разработки и эксплуатации САПР показал, что весьма перспективной и наиболее приемлемой для представления информации о проектируемом объекте является его модель в виде дерева построения, когда геометрический объект создан путем комбинаций некоторых базовых объектов – конструктивов с помощью булевых операций объединения, вычитания и пересечения. Конструктивы – набор простых тел (шар, цилиндр, параллелепипед и т.д.); это позволяет получить простую, логически непротиворечивую модель. Важное достоинство данного подхода – быстрота и легкость построения модели конструктором – пользователем. Логические операции над объектами – одна из основных идей твердотельного моделирования, которая обязательно должна присутствовать в современной САПР.

2. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ДАННЫХ

Новизна предлагаемых алгоритмов обусловлена их работой с оригинальной структурой данных, используемой в разработке: поверхность любого объекта представляется в виде идентичных объектов – секций. Каждая секция представляет собой часть рационального бикубического сплайна поверхности, ограниченную лежащими на нем (в пространстве относительных координат) сплайновыми кривыми. В дальнейшем именно из таких элементов – секций будет строиться поверхность любого объекта в рассматриваемой структуре данных. Кроме того, допускается использовать не односвязные контуры, то есть секция может иметь отверстия, и вообще, позволять с помощью только одной порции задавать достаточно сложные участки поверхности, например, плоские грани с криволинейными границами и отверстиями.

Далее, для соединения секций друг с другом в одну общую поверхность логично использовать внешний контур секции, а именно сплайны, из которых он состоит. Каждый сплайн – участок контура представляет собой аналог ребра между двумя плоскими гранями в случае моделирования с помощью многогранника. Секция в данном случае – аналог плоской грани.

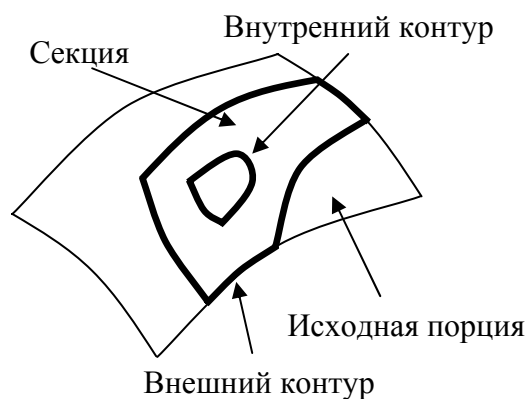


Рис.1. Базовый элемент поверхности объекта – секция

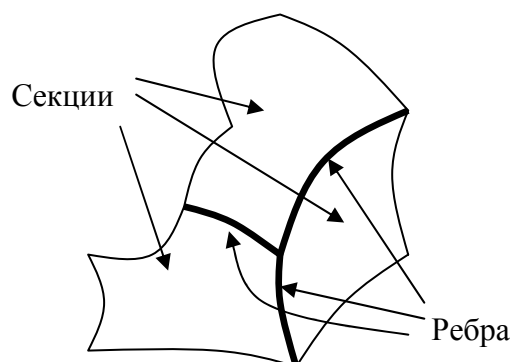


Рис.2. Фрагмент поверхности объекта

3. АЛГОРИТМЫ ВЫПОЛНЕНИЯ БУЛЕВЫХ ОПЕРАЦИЙ

Наиболее сложными задачами, возникшими при разработке алгоритмов, были задачи построения линии пересечения секций, разбиение секции на N частей произвольной лежащей на ней кривой, определение принадлежности точки секции внутренней области другого объекта.

Алгоритм построения объединения объектов:

1. Построить линию пересечения (ЛП) двух объектов.

2. Разрезать поверхности объектов лежащей на них линией пересечения. При этом разрезаются только секции, через которые проходит ЛП, и ребра, составляющие границы данных секций. Число ребер и секций увеличивается, новые элементы корректно добавляются в структуру данных объектов. После выполнения данного этапа все секции объектов естественным образом делятся на множества, целиком лежащие по одну сторону ЛП, что легко позволяет впоследствии проводить тесты на принадлежности секции одного объекта внутренней области другого, например, по какой-либо точке на секции.
3. Удалить «ненужные» секций. После того, как была построена линия пересечения объединяемых объектов, и поверхность каждого из них была разрезана этой линией на непересекающиеся множества секций, необходимо удалить из структуры данных каждого объекта секции, лежащие внутри другого объекта. Для осуществления данной проверки можно взять любую точку внутри каждой секции (на некотором расстоянии от границы), и проверить, лежит ли она внутри другого объекта. Результат этой проверки (внутри - снаружи) можно распространить на всю секцию, поскольку секций, лежащих одновременно по разные стороны от линий пересечения уже нет, поскольку они были разрезаны ранее.
4. Объединить результаты предыдущих этапов - секции (построение линии пересечения, разрезание поверхности, удаление лишних секций) в один единый объект в выбранной структуре данных. Оставшийся объект удаляется из памяти и из структур данных системы.

Алгоритм построения разности объектов:

Данный алгоритм практически аналогичен предыдущему, но отличается от него пунктом 3. В случае построения разности у вычитаемого объекта удаляются секции, лежащие снаружи объекта, из которого он вычитается, а у последнего, в свою очередь, удаляются секции, лежащие внутри вычитаемого объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вайсбурд Р.А., Куреннов Д.В., Лимонов А.Г., Каменчиков Е.И. Разработка системы геометрического моделирования объектов сложной формы. Структура данных и некоторые алгоритмы. - Томск, «Трасферные технологии в информатике», вып. 1, 1999 - с. 72–81.
2. Фокс А., Пратт М. Вычислительная геометрия: применение в проектировании и производстве. - М.: Мир, 1982.