

# Нахождение множества ложных геометрических элементов каркасной модели 3D объекта, восстановленной по трём неоднозначно читаемым ортогональным проекциям

Тюрина В.А.

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет  
тел. (8312) 34-10-34, 30-54-00, e-mail: graphics @ saace.nnov.su

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются проблемы, возникающие при восстановлении образа многогранника по трём ортогональным проекциям. Рассмотрены случаи неудачного расположения объекта во время проецирования, вызывающие неоднозначность прочтения проекций, намечены пути выхода из ситуации.

**Ключевые слова:** проецирование, чтение чертежа, каркасная модель, конкурирующие элементы, ложные геометрические элементы.

**Введение.** Процессы чтения и построения чертежа очень важны для решения различных задач геометрического моделирования. Они обеспечивают возможность построения различных изображений одного и того же объекта.

Сущность операции проецирования такова, что между двумя изображениями одного и того же объекта стоит его пространственный образ, анализ которого необходим для образования структуры нового изображения.

В некоторых моделирующих системах предусмотрен ввод самого пространственного образа. Однако такой ввод неудобен, по крайней мере, по следующим причинам [1]:

1). сложность описания пространственного образа по сравнению с описанием его проекций, которые являются естественным и универсальным языком в инженерной графике;

2). трудности представления и анализа объекта на уровне пространственного образа в связи с ограниченностью процесса мышления человека.

В силу изложенного, исходной информацией для алгоритмов построения и чтения чертежа, является некоторый обратимый чертеж объекта. Он может быть введён в память машины тем или иным способом (например, средствами 2D пакетов компьютерной графики).

Процесс восстановления пространственного образа по заданному чертежу является сложно формализуемой задачей. Согласно эвристическому подходу [1], в этом процессе тесно переплетены процессы узнавания объекта и геометрический анализ формы и положения объекта по его чертежу. Сравнительное значение этих двух процессов в общем процессе чтения чертежа резко колеблется и зависит от свойств изображаемого объекта.

В реальной конструкторской работе используются технические чертежи, регламентированные нормами ЕСКД. По этим чертежам можно однозначно воссоздать в уме внешний и внутренний вид изображаемого на них геометрического объекта. Такие чертежи редко содержат только три или два основных вида. Реаль-

ные чертежи сложнее, и содержат разнообразную графическую информацию: дополнительные виды, разрезы, сечения (разных типов) и т.д.

На данном этапе развития технологий автоматизированного восстановления образа объекта существуют значительные ограничения на типы читаемых чертежей.

Мы будем рассматривать чертежи, состоящие из трёх ортогональных проекций. Без ограничения общности, будем рассматривать многогранники, так как они являются основой построения любой формы с помощью дискретной техники. Особое внимание обратим на случаи возникновения сложностей чтения чертежа в результате неудачного выбора расположения многогранного объекта при ортогональном проецировании.

При любом аппарате проецирования всегда возникают геометрические элементы, которые различаются в пространстве, но, образы которых на одном из проекционных видов совпадают. Такие элементы называются конкурирующими.

Наличие таких элементов приводит к мультипликативности решений задачи синтеза образа по его проекциям (см. рис.1).

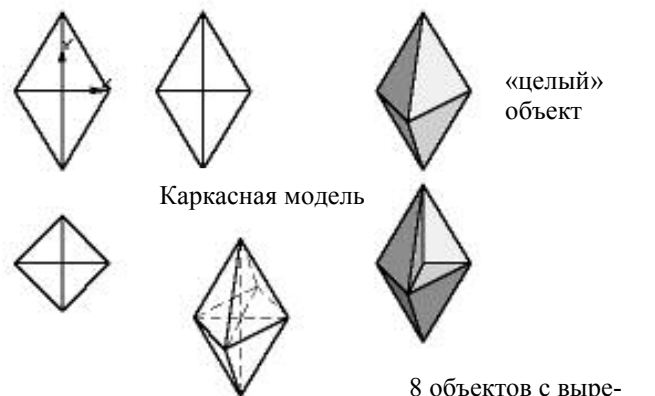


Рис. 1

В идеальном случае алгоритм синтеза объекта должен предоставлять возможность получения всех возможных решений, т.е. образов всех объектов, чьи проекции совпадали бы с исходными.

Системы геометрического моделирования, способные «читать» чертежи, восстанавливают на начальных этапах проволочную (или каркасную) модель оригинала. В силу различных причин (неудачный выбор видов, несколько плоскостей симметрии, сложность объекта) полученная каркасная модель может нести в себе ложные геометрические элементы: вершины и рёбра (см. рис.1).

Ложные геометрические элементы (ЛГЭ) каркаса – это такие рёбра и вершины, которые есть в структуре полученной проволочной модели, но на поверхности искомого 3D объекта отсутствуют.

Допустим, что алгоритм синтеза образа объекта, восстановивший проволочную модель, сигнализирует о неразрешимых без изменения модели аномалиях [2].

Введём следующие обозначения:  $G = (V, R)$  – граф, задающий каркасную модель, где  $V$  – множество вершин, а  $R$  – множество рёбер каркаса;

$G_K = (V_K, R_K)$  – подграф  $G$ , задающий множество всех конкурирующих элементов каркаса, где  $V_K \in V$  и  $R_K \in R$  – конкурирующие в пространстве вершины и рёбра;

$G_{ЛГЭ}$  – множество ЛГЭ полученной каркасной модели.

**Утверждение 1.**  $G_{ЛГЭ}$  является подмножеством множества всех конкурирующих элементов  $G_K$ , восстановленных с проекций.

Это утверждение вытекает из того факта, что среди геометрических элементов, не имеющих конкурентов в пространстве, не могут находиться ЛГЭ, по определению.

Строго говоря, в случае неоднозначности проекций, множество ЛГЭ  $G_{ЛГЭ}$  может содержать и действительные рёбра и вершины, т.е. принадлежащие поверхности тела. Так как для каждого восстановленного по проекциям образа набор ложных элементов  $G_{ЛГЭ}^*$  будет своим, но  $G_{ЛГЭ}^* \subset G_{ЛГЭ}$ .

Проблемой является выделение подмножества  $G_{ЛГЭ}$  из множества  $G_K$ , а затем под-

множеств  $G_{ЛГЭ}^*$  из  $G_{ЛГЭ}$ , с целью получения различных образов оригинала.

Множество  $G_K$  во многих случаях может содержать большое число элементов, поэтому простой перебор всех сочетаний принадлежащих ему элементов, который выражается

суммой:  $\sum_{i=1}^n \frac{n!}{(n-i)!i!}$ , где  $n$  – число элемен-

тов  $G_K$ , нецелесообразен.

Необходимо найти ряд эвристик, позволяющих сократить во множестве  $G_K$  область поиска  $G_{ЛГЭ}$ . Такими эвристиками на наш взгляд могут являться следующие утверждения:

**Утверждение 2.** ЛГЭ могут находиться только среди элементов, имеющих конкурирующие элементы на каждом проекционном виде.

Основанием этого утверждения является тот факт, что если элемент не имеет конкурентов хотя бы на одном виде, то он является действительным, т.е. принадлежит поверхности оригинала. Исключив такие элементы из множества  $G_K$ , получаем его подмножество  $G_K^*$ .

Дальнейший поиск  $G_{ЛГЭ}$  будем проводить в этом подмножестве.

**Утверждение 3.** Вершины, при удалении которых появляются вершины со степенью  $P(V_i)$  меньше трёх, являются действительными.

Действительно, если удаление элемента каркаса приводит к появлению «висячих» граней или рёбер (именно на это указывает  $P(V)=2$  или  $P(V)=3$ ), то очевидно, что такой элемент принадлежит оригиналу.

Исключив такие элементы из множества  $G_K^*$ , получаем его подмножество  $G_K^{**}$ .

Дальнейший поиск  $G_{ЛГЭ}$  будем проводить в этом подмножестве.

Если восстановление по проекциям даёт одно решение [3], но его получение было затруднено существованием ЛГЭ, то множество  $G_K^{**}$  в большинстве случаев и является  $G_{ЛГЭ}$  (см. рис.2).

Если же решений множество, то необходимо анализ множества  $G_K^{**}$  с целью выделения из него подмножеств, являющихся ЛГЭ.

Основные этапы анализа следующие:

Анализируются предполагаемые ложные вершины из множества ЛГЭ. Среди них могут быть вершины двух типов, а именно: лежащие либо внутри, либо вне одного из тел, представляющих решения задачи синтеза образа по проекциям, и занимающего максимальный объём («целый» объект на рис.1) среди всех других тел, являющихся решениями.

Если ложная вершина расположена вне такого тела, то она должна быть удалена вместе с инцидентными ей рёбрами. Если таких вершин несколько, то они должны быть удалены одновременно (рис. 2)

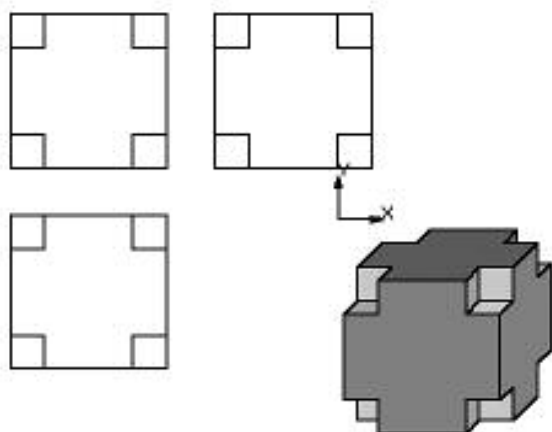


Рис. 2

Если ложная вершина лежит внутри «максимального» тела, то она может являться ложной только для него, а в других случаях может принадлежать поверхности возможных объектов. Поэтому удаление комбинаций рёбер, инцидентных рассматриваемой вершине, позволяет получить ряд возможных решений, удовлетворяющих исходным проекциям.

Совершенствование алгоритмов, осуществляющих удаление комбинаций ложных вершин и рёбер, позволит повысить скорость восстановления возможных объектов, а также сократить число «нечитаемых» проекций.

#### Литература

1. И.И.Котов, В.С.Полозов, Л.В.Широкова Алгоритмы машинной графики, М., Машиностроение, 1977.
2. Ротков С.И., Тюрина В.А. Автоматическое определение ложных граней в задаче преобразования каркасной модели пространственного объекта в граничную модель., Сборник трудов седьмой научной международной конференции по компьютерной графике и анимации “Графикон-97”, т.2, г. Санкт-Петербург, 1997.
3. Тюрина В.А. Алгоритм проверки истинности каркаса в задаче преобразования каркасной модели пространственного объекта в граничную модель. // В сб. Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика. Материалы семинара-совещания заведующих кафедрами начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики вузов Центральной, Поволжской, Южной, Уральской и Северо-Западной зон РФ. Нижний Новгород, 1997, стр. 102-105.