

А.А. ЗАХАРОВ,  
Н.Н. СТУЛОВ,  
Н.С. САМСОНОВА

**Описание трехмерных форм на  
основе контурного представления**

УДК 004.93

Муромский институт  
(филиал) ФГБОУ ВПО  
«Владимирский  
государственный  
университет имени  
Александра  
Григорьевича и Николая  
Григорьевича  
Столетовых», г. Муром

*Рассмотрены вопросы трехмерной реконструкции объектов по изображениям. Представлены способы контурной маркировки для описания форм трехмерных объектов.*

*The problems of three-dimensional reconstruction of objects from images. Demonstrate how to contour markings to describe the form of three-dimensional objects.*

При формировании изображения выполняется перспективное проецирование трехмерной сцены на картинную плоскость. Часто в задачах компьютерного зрения бывает необходимо анализировать изображения для восстановления трехмерной сцены. Такими задачами могут быть: формирование трехмерных моделей объектов на основе двумерных изображений в САПР, ГИС, системах виртуальной реальности, автономная навигация мобильных объектов на основе систем технического зрения и т.д.

При анализе двумерных изображений в задачах реконструкции трехмерных сцен могут учитываться следующие признаки:

- реконструкции карты глубины (Shape from stereo);
- реконструкции поля нормалей и карты глубины по закрашке полутонового изображения (Shape from shading);
- реконструкции карты глубины по текстуре (Shape from texture);
- определения формы по перемещению (Shape from motion);

- определение формы объекта по фокусировке (shape from focus);

- определение формы объекта по контуру (shape from contour (silhouettes)).

Реконструкция карты глубины заключается в том, что, зная координаты конкретной точки на двух (или более) изображениях одного объекта, полученных под разными углами зрения, можно, при известных параметрах камер, вычислить положение точки в трехмерном пространстве. В зависимости от того, какие именно параметры камер известны, задача может иметь множество формулировок. Одна из основных проблем в стереорекострукции – найти точное соответствие точек между изображениями, применяемыми для восстановления 3D формы.

Реконструкции поля нормалей и карты глубины по закрашке полутонового изображения является обратной задачей по отношению к вычислению яркости точек сцены при визуализации (rendering). Яркость точки поверхности зависит от: свойств источников света, характеристик поверхности, ориентации поверхности относительно падающего света, точки зрения наблюдателя. В этом случае по известной яркости и принятой математической модели отражения и освещения можно вычислить ориентацию поверхности в данной точке. Основной сложностью здесь является отсутствие полного набора данных. Поэтому приходится вводить различные ограничения и допущения при решении задачи.

Реконструкция карты глубины по текстуре основана на том, что участок текстуры, рассматриваемый во фронтальной плоскости, сильно отличается от того же участка, рассматриваемого под большим углом, поскольку изменение ракурса приводит к тому, что элементы текстуры (и промежутки между ними) в одних направлениях уменьшаются сильнее, чем в других. Отсюда следует, что по текстуре можно получить некоторую информацию о форме, исследовав модель изображения. Кроме того, довольно общие модели текстур содержат достаточно информации для восстановления формы, и количество информации не зависит от конкретного вида текстуры.

Реконструкция формы по перемещению основана на том, что человек воспринимает информацию о структуре трехмерных сцен из последовательности изменяющихся изображений. По векторам оп-

тического потока или соответствующим точкам на трехмерных сценах можно восстановить поверхности и углы, а также определить траекторию движения камеры через наблюдаемую сцену.

Определение формы объекта по фокусировке напоминает действие человеческого глаза. Для фокусирования на объект интереса мускулы глаза изменяют форму хрусталика, т.е. его фокусное расстояние. Выполняя фокусировку на объект или на его края можно оценить глубину этого объекта.

Реконструкция по контуру предполагает то, что люди способны оценивать форму трехмерных объектов на основе формы контуров образов этих объектов на двумерном изображении [1-5]. В контурных точках изображения можно уникальным образом определить направление нормалей и на основе этих значений восстановить поверхности.

Границы между различными элементами трехмерных поверхностей и между областями различной освещенности образуют на изображении контуры. Анализируя взаимное расположение контуров в пространстве можно восстановить трехмерное представление сцены. Выделяют алгоритмы, восстанавливающие трехмерную структуру по нескольким контурным видам, и алгоритмы реконструкции по одному виду.

Алгоритмы реконструкции по нескольким видам обычно восстанавливают структуру по данным технического чертежа. При этом подразумевается, что должно получиться однозначное решение. При реконструкции по одному виду не всегда можно однозначно определить геометрию поверхности объекта. Поэтому может получаться несколько решений.

Входными данными должны служить изображения с объектами. Эти изображения должны состоять из точечных линий. Предварительная бинаризация и скелетизация являются задачами первичной обработки данных.

В алгоритмах анализа трехмерных структур по одному контурному виду используются специальные графические обозначения, позволяющие описать сцену [6, 7]:

– сгибы поверхностей (+/-) – область резкого изменения ориентации поверхности или соединение различных поверхностей. При переходе сгиба поверхность остается непрерывной. Выпуклые

поверхности в месте сгиба принято обозначать знаком «+», а вогнутые – знаком «-»;

– лезвие ( $>$ ) – перекрытие одной непрерывной поверхности другой поверхностью. На границе поверхности угол между нормалью к поверхности и направлением наблюдения меняется гладко и непрерывно. При следовании в направлении стрелки закрывающая поверхность располагается справа;

– лимб ( $>>$ ) - перекрытие поверхности самой себя. Нормаль к закрывающей поверхности меняется гладко и непрерывно, а на границе лимба становится перпендикулярна к направлению наблюдения. Граница лимба на изображении является гладкой кривой. При следовании в направлении стрелки закрывающая поверхность располагается справа. Зачастую этот элемент появляется на таких фигурах как цилиндр, конус и т.д.

– знак – область, образовавшаяся вследствие изменения отражающих свойств поверхности (рисунок на поверхности, соединение фрагментов из различных материалов). На рис.1 обозначено символом M.;

– граница освещенности – граница, формируемая из-за резкого изменения освещенности поверхности (изменение свойств источников света, затенение от других объектов). На рис.1 обозначено символом S.

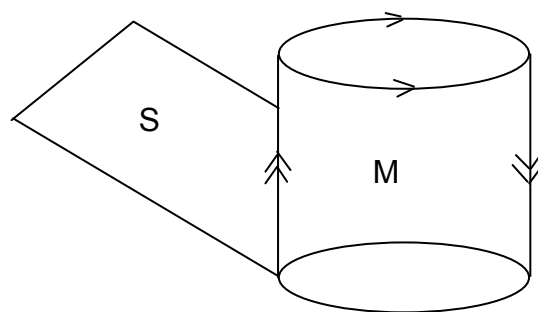


Рис.1. Маркировка контуров на изображении

При подобной маркировке одно и то же контурное изображение может быть интерпретировано разными способами (рис. 2).

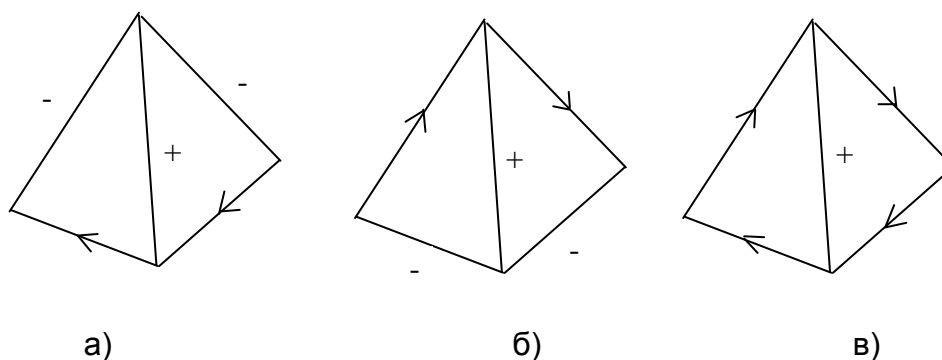


Рис. 2. Интерпретация контурного изображения: а) пирамида «приклеена к стене»; б) пирамида «лежит на поверхности»; в) пирамида «висит в воздухе»

## 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. Алгоритм синтеза трехмерных объектов по основной и уточняющей проекциям Алгоритмы, методы и системы обработки данных: Сборник научных статей – М.: ООО «Центр информационных технологий в природопользовании», 2007. – С. 90 – 94.
3. Захаров А.А. Алгоритм реконструкции геометрических форм по одной проекции// Алгоритмы, методы и системы обработки данных – М.: ООО «Центр информационных технологий в природопользовании», 2009. – 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. – № 2(17). URL: <http://amisod.ru>
5. Садыков С.С., Стародубов Д.Н. Алгоритмы определения длины и ширины дискретных площадных объектов// Автоматизация и современные технологии, 2007. – № 10. – С. 10-15.
6. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
7. Huffman D.A. Impossible Objects as Nonsense// Machine Intelligence, 1971. – № 6. - pp. 295-323.

E-MAIL: [AA-ZAHAROV@YA.RU](mailto:AA-ZAHAROV@YA.RU)