

УДК 621.373.626

Определение геометрических характеристик объектов с помощью системы получения послойных изображений

С. А. Шутеев, В. В. Михеев, А. И. Соколов, П. У. Юсупалиев
МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

Рассмотрен новый метод решения актуальной научно-прикладной задачи определения геометрических характеристик видимых объектов с помощью системы получения послойных изображений.

Существующие системы получения изображений объектов (видеосистемы, электронно-оптические преобразователи, диссекторы и т. д.) не позволяют определять их геометрические характеристики в силу потери информации о фазе регистрируемой электромагнитной волны, отраженной объектом [1, 2]. Для устранения указанного недостатка был предложен метод оптической триангуляции [2], реализованный на основе сканирующего лазерного дальномера геометрического типа. Сканирующее устройство направляет лазерный луч в ту точку исследуемой поверхности тела, координаты которой требуется измерить. Одновременно два матричных фотоприемных устройства, расстояние между которыми известно, регистрируют отраженные лазерные лучи. Матричные фотоприемные устройства и точка отражения лазерного луча на поверхности исследуемого объекта являются вершинами треугольника. Сигналы от фотоприемных устройств обрабатываются программно, и определяются два смежных угла треугольника. Решением прямой геодезической задачи вычисляются координаты точки исследуемой поверхности [3]. Однако из-за недостаточной точности определения расстояния и трудоемкости обработки информации о положении большого количества точек (более 10^7 точек на 1 м^2) этот метод не нашел широкого применения в задачах определения геометрических характеристик объектов.

Для получения информации о геометрических характеристиках объектов с помощью системы построения двумерного изображения требуется получить их изображение с разных ракурсов с мерным объектом, причем количество ракурсов зависит от сложности рельефа объекта [2]. При исследовании плоского изображения принятие решения обычно осуществляется после обработки и сравнения результатов с априорно заданными моделями [4, 5]. Если изменяются условия наблюдения, то приходится предусматривать уточнение указанных моделей, т. е. разрабатывать и создавать сложную адаптивную

систему распознавания образов. В таких системах лучшие результаты достигаются при применении нейроподобных систем [4]. Другими словами, распознавание плоского изображения возможно только при наличии дополнительной априорной информации о распознаваемом объекте. При этом нельзя получить информацию о реальных размерах объекта.

Информацию о геометрических характеристиках можно получить с помощью голографии, но при этом нельзя получить данные о реальных размерах объекта, не имея априорных данных об объекте [6]. К тому же, для получения голограммы исследуемого объекта требуется создание специального условия: источник когерентных волн, фотоприемное устройство и исследуемый объект должны располагаться так, чтобы можно было получить интерференцию опорной волны и волны, рассеянной объектом [7]. В реальности, особенно при получении оперативной информации, создание таких условий представляется проблематичным.

Определение геометрических характеристик объектов

Метод определения геометрических характеристик реализован нами в системе построения послойного изображения. Минимальное значение длительности "кадра", т. е. времени сбора информации в слое, достигнутое в указанной системе, составляет порядка 10^{-11} с, что определяет разрешающую способность системы вдоль оптической оси 3 мм. Эта система позволяет измерять расстояние Z от фокальной плоскости ее объектива до рассматриваемого слоя обозреваемого объекта. При известной величине угла ее поля зрения становится известным и расстояние между любыми точками рассматриваемого слоя. Указанные возможности дают возможность получать, например, рельеф обозреваемой местности или сканируемых объектов.

Рассмотрим некоторые возможности системы построения послойного изображения по получе-

нию информации о геометрических характеристиках объектов.

На рис. 1 приведено общее интегральное по оси Z изображение неизвестного объекта (вид вдоль оси Z), полученное с помощью системы получения послойного изображения (с одного ракурса) в системе координат, связанной с фотоприемным устройством (ФПУ). Ось Z направлена от зрителя. Это изображение, на первый взгляд, не отличается от изображения, полученного с помощью существующих систем получения плоского изображения (видеосистем различного назначения, ЭОП и др.). Требуется определить геометрические характеристики верхней части указанного неизвестного объекта. Для этого программным способом будем осуществлять послойный просмотр интегрального по оси Z изображения (см. рис. 1) с шагом 3 мм вдоль оси Z . Результаты такой процедуры показывают следующее. На расстоянии $Z = 5,35$ м от ФПУ системы расположена передняя часть распознаваемого объекта (рис. 2, *a*), а его дальняя часть — на расстоянии 5,83 м (см. рис. 2, *б*), т. е. длина (высота) исследуемого объекта равна 4,8 мм. На расстояниях $Z > 5,83$ м фотоны претерпевают рассеяние на неоднородностях

слоя атмосферы в поле зрения ФПУ системы и для части фотонов, рассеянных "назад" в направлении ФПУ, рассматриваемый объект является препятствием. В результате этого система должна фиксировать "тени" указанного объекта, что и показано на рис. 2, *в* и чего нельзя получить с помощью существующих систем получения изображения. Рис. 2, *a*, *б*, *в* и изображение, полученное в перпендикулярном направлении (по оси X), показывают, что распознаваемый объект представляет собой открытый с двух сторон (без оснований) цилиндр — трубу с двумя пластинами на ее противоположных концах. Дальняя сторона от трубы пластин имеет прямоугольную форму. Действительно, из обработки данных координат точек распознаваемого объекта в каждом просматриваемом слое следует, что: координаты точек внутренней и внешней поверхностей трубы соответствуют уравнениям окружности, а ее внутренний и внешний диаметры равны, соответственно, 85 и 89 мм;

координаты точек границ пластин удовлетворяют уравнению прямой линии, прямоугольники равны между собой, а их стороны равны 78 и 39 мм;

толщины пластин равны и не превышают 2 мм.

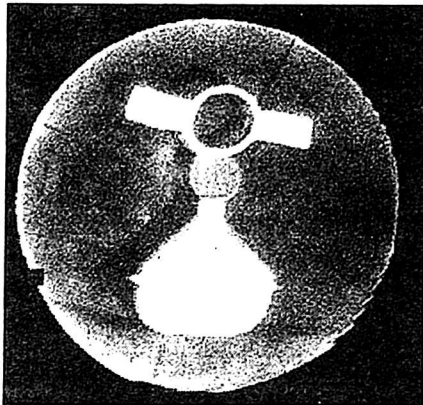
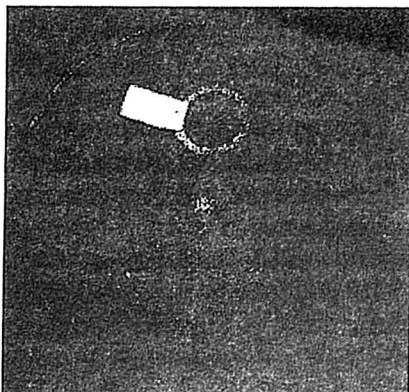
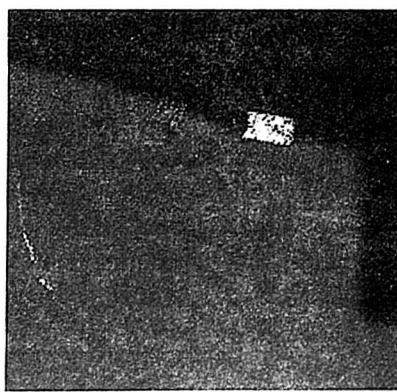


Рис. 1. Интегральное по оси Z изображение объекта



a



б



в

Рис. 2. Слой изображения объекта для:
a — $Z = 5,35$ м; *б* — $Z = 5,83$ м; *в* — $Z > 5,83$ м

С одного ракурса нельзя определить, что находится за видимой частью распознаваемого объекта. Поэтому для получения дальнейшей информации о геометрии поверхности объекта необходимо получить послойное изображение объекта с других ракурсов и снова провести такую же процедуру обработки изображения по определению геометрии всей поверхности исследуемого объекта.

Таким образом, предложенный метод определения геометрических характеристик реальных объектов на основе системы получения послойных изображений видимой части исследуемого объекта в отличие от существующих методов распознавания изображений (на основе голографической системы и систем построения плоского изображения) требует меньшего количества ракурсов и позволяет определить дейст-

вительные, а не в относительных единицах, геометрические размеры исследуемого объекта без априорных данных об этом объекте.

Литература

1. Якушенков Ю. Г. Основы теории и расчета оптико-электронных приборов. — М.: Сов. радио, 1987.
2. Optical Pattern Recognition XI//Proceedings of SPICE, vol. 4043, Orlando, Florida, 26—27 April, 2000.
3. Инженерная геодезия. — М.: Наука, 1991.
4. Бондаренко Б. Н., Коган А. Н., Нуйдель И. В. и др.//Тр. 7-й Всероссийской конф. "Нейрокомпьютеры и их применение". — М., 15—16 февраля 2001.
5. Патрик Э. Основы теории распознавания образов. — М.: Сов. радио, 1980.
6. Оптическая голография. Т. 1 — М.: Мир, 1982.
7. Ландсберг Г. С. Оптика. — М.: Наука, 1984.

Object's geometrical characteristics determination by layer-by-layer image system

S. A. Shuteev, V. V. Mikheev, A. I. Sokolov, P. U. Yusupaliev
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The new method of the object's geometrical characteristics determination founded on the system, which obtains layer-by-layer image, is described in this article.