

**А.В. ТЕРЕХИН**

**Метод описания эталонов  
трехмерных объектов по форме их  
проекций и признакам отверстий**

*УДК 004.932.2*

Муромский институт  
(филиал) ФГБОУ ВПО  
«Владимирский  
государственный  
университет имени  
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,  
г.Муром

*В данной статье описывается технология формирования эталонов реальных трехмерных объектов, приводится вектор признаков, и схема представления эталона.*

Оснащение роботов системами технического зрения обеспечивает существенное расширение их технологических и функциональных возможностей [1]. Восприятие и обработка визуальной информации о текущем состоянии технологического процесса, об относительном расположении и ориентации манипулятора робота и объектов позволяет автоматизировать такие операции, как сварка, сборка, окраска, сортировка и др. Основное назначение подобных систем состоит в дополнении или даже замене человека в областях деятельности, связанных со сбором и анализом зрительной информации на конвейерах. К числу таких операций можно отнести комплектацию и сортировку деталей для сборки, контроль и отбраковку деталей и изделий по внешнему виду [2].

В настоящее время существует множество способов распознавания трехмерных объектов. Часть из них связана с использованием одной камеры и специализированного аппаратного обеспечения (датчики расстояний, 2D лазеры), другая часть основана на анализе изображений с нескольких видео-датчиков. Первые из описанных выше систем являются узкоспециализированными, и имеют значительный недостаток – если два объекта схожи по видимой камере поверхности, но различаются по скрытой от камеры – возникнут ошибки распознавания, так как в области видимости датчиков и вспомогательных устройств находится лишь часть объекта.

В данной статье будет рассмотрена технология формирования эталонов реальных трехмерных объектов на основе изображений их проекций.

Любой трехмерный объект отображается на двумерной плоскости в виде проекции. Одним из способов проецирования является прямоугольное (ортогональное) проецирование). В нем совместно изображаются виды сверху, спереди и слева. На практике, при производстве, различные объекты, требующие идентификации обычно лежат в произвольном положении, поэтому есть необходимость в рассмотрении не только этих трех проекций, но и им противоположных (снизу, сзади, справа) [3].

Существуют отдельные объекты, для которых нет необходимости в описании всех 6 проекций, например сферические объекты, цилиндрические, конусообразные. Но, тем не менее, данные объекты могут содержать отверстия с разных сторон, которые затрудняют процесс распознавания, если не учитывать взгляд на них с шести проекций.

Таким образом, эталон объекта должен содержать значения признаков для каждой из 6 проекций.

#### **Вектор признаков:**

1. Прямоугольный коэффициент формы – отношение ширины к длине описанного вокруг проекции объекта прямоугольника (диапазон значений от 0 до 1). Данный признак позволяет вычислить пропорции, и представить их в виде коэффициента с диапазоном значений от 0 до 1:

$$k_{np} = \frac{l_a}{l_b},$$

где  $l_a$ ,  $l_b$  – соответственно длины сторон описываемого вокруг объекта прямоугольника.

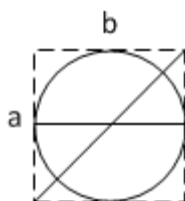


Рис. 1. Схематическое представление объекта №1, вписанного в прямоугольник,  $a, b$  – стороны описанного прямоугольника

2. Диагональный коэффициент формы – отношение длины объекта (длина отрезка максимальной длины между двумя точками контура объекта) к длине диагонали описанного прямоугольника (диапазон значений от 0 до 1). Для объекта, изображенного на рис. 2, диагональный коэффициент будет выглядеть следующим образом:

$$k_{Д} = \frac{l_e}{l_c},$$

где  $l_c$  – длина диагонали описанного прямоугольника,  $l_e$  – длина объекта

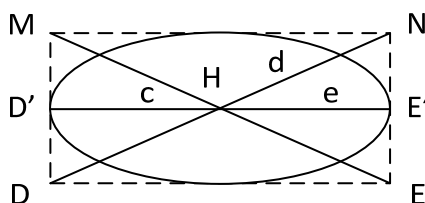


Рис. 2. Схематическое представление проекции объекта №2, вписанного в прямоугольник,  $c, d$  – диагонали описанного прямоугольника,  $e$  – длина отрезка максимальной длины между двумя точками контура объекта

### 3. Коэффициенты диагоналей объекта

Диагонали объекта – отрезки, лежащие на диагоналях описанного вокруг него прямоугольника и соединяющие 2 точки контура объекта. На рис. 3 диагоналями объекта являются  $FG'$  и  $F'G$ . Обозначим их длины  $l_{d1}$  и  $l_{d2}$ .

Коэффициент диагонали объекта – отношение длины диагонали объекта к длине объекта.

$$k_{d1} = \frac{l_{d1}}{l_e}$$

$$k_{d2} = \frac{l_{d2}}{l_e}$$

### 4. Коэффициенты диагональных отрезков.

Вводятся понятия диагональных отрезков и коэффициентов диагональных отрезков. Диагональные отрезки описанного прямоугольника соединяют его вершины с серединой максимального отрезка объекта (рис. 2 –  $NN$ ,  $HM$ ,  $HD$ ,  $HE$ ). Диагональные отрезки объекта лежат на диагональных отрезках описанного прямоугольника и соединяют середину максимального отрезка объекта с точкой пересечения ее контура (рис. 2 –  $NG$ ,  $NF$ ,  $NF'$ ,  $NG'$ ). Для большин-

ства объектов середина максимального отрезка совпадает с точкой пересечения диагоналей описанного вокруг него прямоугольника.

Коэффициенты диагональных отрезков – отношения длин соответствующих диагональных отрезков объекта, к диагональным отрезкам описанного вокруг него прямоугольника.

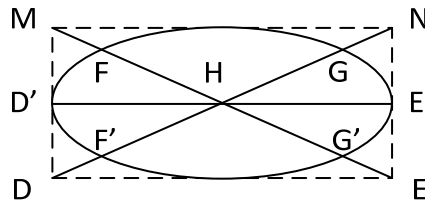


Рис. 3. Схематическое представление объекта №2, вписанного в прямоугольник.

Для объекта, изображенного на рис. 3, диагональными отрезками будут: HG, HF, HF', HG; для описанного прямоугольника: HN, HM, HD, HE. Их длины можно условно обозначить как  $l$  с индексом соответствующего отрезка:

$$k_{ДО1} = \frac{l_{HG}}{l_{HN}}, k_{ДО2} = \frac{l_{HF}}{l_{HM}}, k_{ДО3} = \frac{l_{HF'}}{l_{HM}}, k_{ДО4} = \frac{l_{HG'}}{l_{HE}}.$$

где  $k_{ДО1}, k_{ДО2}, k_{ДО3}, k_{ДО4}$  – коэффициенты диагональных отрезков объекта.

5. Масштабный коэффициент – отношение площади объекта к площади сцены.

$$k_m = \frac{S_s}{S_{об}},$$

где  $S_s$  – площадь сцены,  $S_{об}$  – площадь объекта

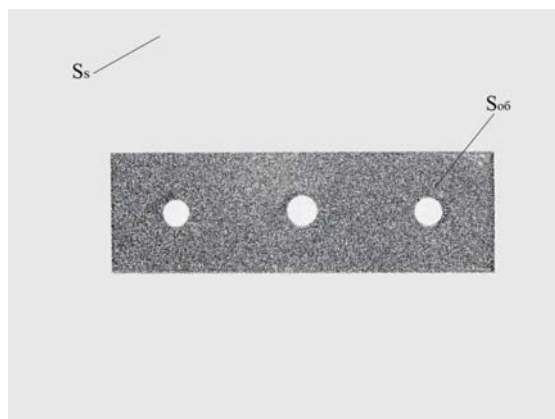


Рис. 4. Изображение площади сцены и объекта

## 6. Нормированные признаки отверстий

### 6.1 Коэффициент количества отверстий

$$k_{n_o} = \frac{1}{n+1}$$

где  $n$  – количество отверстий.

При  $n = 0$ , значение  $k_{n_o}$  будет равно 1;  $k_{n_o} \rightarrow 0$  при  $n \rightarrow \infty$ .

### 6.2 Площадной коэффициент отверстий

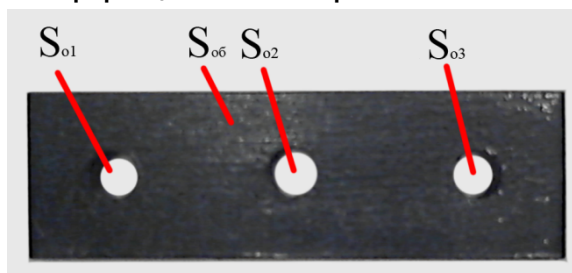


Рис. 5. Пример проекции реального трехмерного объекта

$$k_{S_o} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{o_i}}{S_{o\bar{o}}}$$

где  $S_{o_i}$  - площадь  $i$ -го отверстия,  $S_{o\bar{o}}$  - площадь объекта (рис. 5)

### 6.3. Коэффициенты расстояний

Для вычисления данных признаков находятся координаты центра объекта и отверстий, а так же расстояния от центра объекта до середины каждого из них, выбирается минимальное и максимальное.

Коэффициент минимального расстояния между центром отверстия и центром объекта:

$$k_{l_{\min}} = \frac{l_{\min}}{l_{o\bar{o}}},$$

где  $l_{\min}$  - расстояние от центра объекта до середины ближайшего отверстия.

Коэффициент максимального расстояния между центром отверстия и центром объекта:

$$k_{l_{\max}} = \frac{l_{\max}}{l_{o\bar{o}}}$$

где  $l_{\max}$  - расстояние от центра объекта до середины максимально удаленного отверстия.

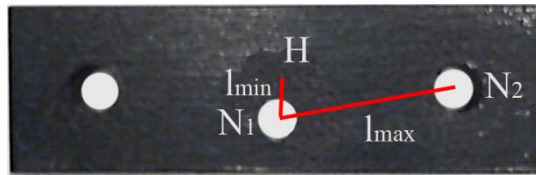


Рис. 5. Иллюстрация минимального и максимального расстояния между центром отверстия и объекта (H – точка середины объекта, N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> – точки середин отверстий)

В случае отсутствия отверстий на проекции объекта, значения  $k_{l_{\min}}$ ,  $k_{l_{\max}}$ ,  $k_{S_o}$  будут равны 0, и объект будет распознаваться по остальным признакам формы.

Таким образом, формируется следующий вектор признаков:

$$V = \{k_{np}, k_d, k_{d1}, k_{d2}, k_{до1}, k_{до2}, k_{до3}, k_{до4}, k_m, k_{n_o}, k_{S_o}, k_{l_{\min}}, k_{l_{\max}}\}$$

Основная особенность данного вектора признаков заключается в том, что величины характеристик объекта представлены в виде коэффициентов с диапазоном значений от 0 до 1.

При этом вектор признаков может расширяться.

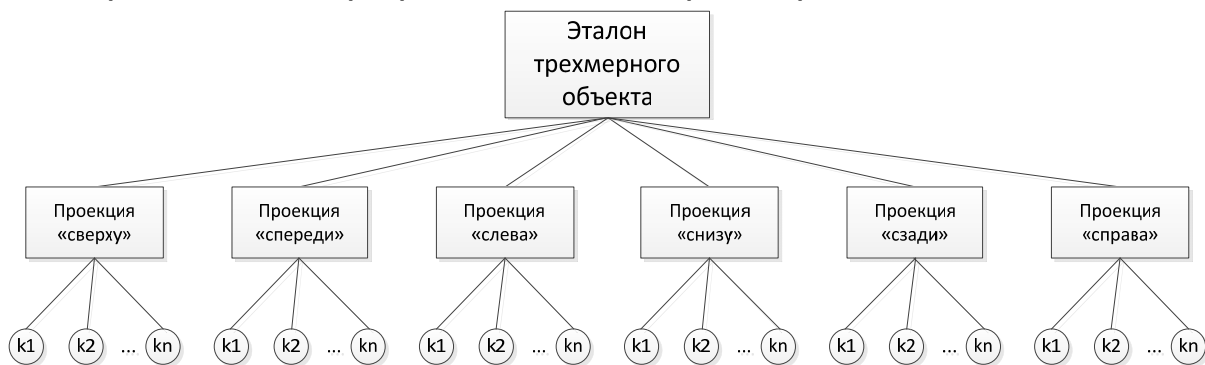


Рис. 6 Схема эталона трехмерного объекта

На рисунке 6  $k_1$ - $k_n$  – значения признаков для каждой проекции,  $n$  – длина вектора признаков.

Таким образом, при использовании такого представления эталона трехмерного объекта, идентификация будет сводиться к определению близких по значениям признаков проекций распознаваемых объектов.

Данная технология может применяться в системах технического зрения при распознавании трехмерных объектов на конвейере в сборочных или покрасочных цехах на предприятиях.

### Литература

1. Янг Дж. Ф. Робототехника // Л.: Машиностроение, 1979. – 300 с.
2. Пью А. Техническое зрение роботов // М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.
3. Бубенников А.В. Начертательная геометрия: Учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985 – 288с. ил.