

ТОЧНОСТЬ РАСПОЗНАВАНИЯ РАССТОЯНИЙ ДО ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Саитова Я.А., Гданский Н.И.

Московский государственный университет инженерной экологии

Рассмотрены методы распознавания пространственных координат точек в моно- и бинокулярных системах технического зрения.

1. Введение

В последние годы в связи с развитием производства возобновился интерес к применению автоматизированных транспортных и робототехнических средств в промышленности, энергетике и других отраслях. Однако управление ими, как правило, осуществляется удаленным оператором. При этом скорость выполнения операций и, во многих случаях, качество являются довольно низкими. Автоматизация данных функций требует, в первую очередь, эффективного распознавания объектов окружающей среды.

Для получения визуальной информации обычно используют два вида систем технического зрения:

- монокулярная система, имеющая одну камеру;
- бинокулярная, состоящая из двух камер.

Во многих случаях пространственная природа объекта в сцене имеет решающее значение. Трехмерные изображения объектов внешней среды можно использовать, в частности, для решения одной из наиболее актуальных проблем распознавания – определения местоположения и расстояния этих объектов относительно камеры.

Расстояние до объекта и его форма обычно оцениваются по характерным точкам на нем. Рассмотрим основные подходы определения расстояний до точек в системах технического зрения.

2. Основные допущения

Получение изображения камерой можно представить как идеальное проецирование изображения на прозрачный экран (рис.1).

Ось Z совмещена с оптической осью (главным лучом) камеры. Это луч, идущий от объектива перпендикулярно к плоскости изображения. Началом координат является пересечение главного луча с плоскостью изображения. Ось X направлена горизонтально, ось Y – вертикально. Расстояние от камеры до наблюдаемой точки, а также ее пространственные координаты измеряются в физических единицах длины. Проективные свойства камеры оценивают при помощи фокусного расстояния F , условно задающего положение точечного наблюдателя относительно прозрачного экрана. И фокусное расстояние, и координаты изображений точек на

прозрачном экране задают в пикселях. При фиксированных настройках камеры ее фокусное расстояние проще всего определить по известной длине до эталонного объекта.

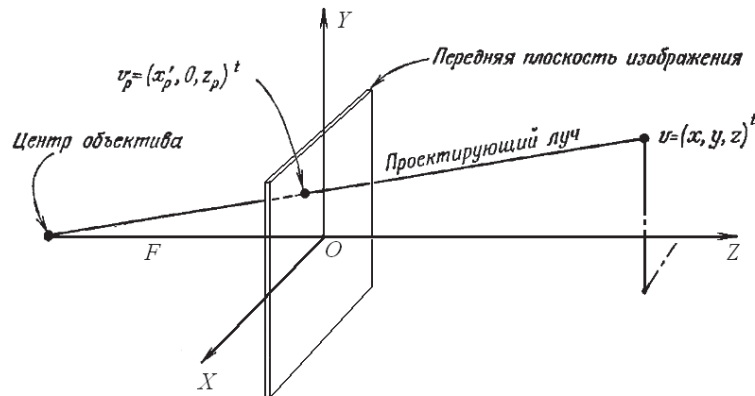


Рис.1. Модель камеры с передней плоскостью изображения

Рассмотрим основных подходы определения расстояний в монокулярных и бинокулярных системах технического зрения.

3. Монокулярные системы

В данных системах распознавание координат и расстояний по одной или нескольким осям может производиться только при известной координате камеры по каждой из данных осей.

Идея использования точки наблюдения, расположенной на полу (координата по оси X равна нулю), для определения положения объекта была предложена Робертсом (1965). Он назвал ее гипотезой об опоре. Однако в реальных ситуациях, например: у камеры, находящейся на борту мобильного средства или установленной стационарно, расстояние до известной границы может иметь любое постоянное значение. Обозначим его H .

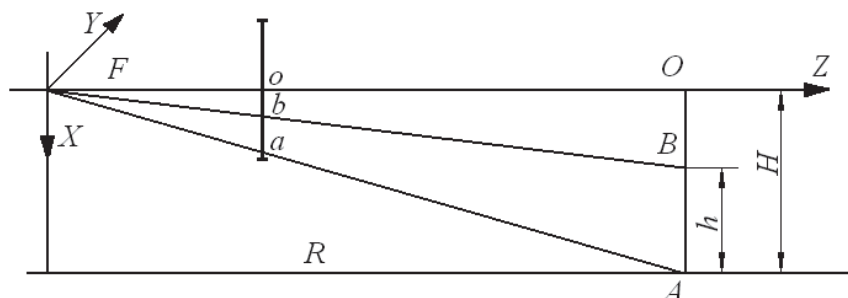


Рис.2. Схема монокулярного распознавания с известной границей

Допустим, известно положение $x_r = H$ границы относительно камеры по оси X - высота камеры. Обозначим через h высоту наблюдаемого объекта, через R расстояние до него. Проективные изображения точек A и B на матрице камеры обозначим a и b . Из геометрического подобия следует выполнение пропорций:

$$\frac{oa}{ba} = \frac{OA}{BA} = \frac{H}{h}, \quad [1]$$

$$\frac{oa}{F} = \frac{H}{R}. \quad [2]$$

Вторая пропорция может быть использована для определения фокусного расстояния F по известному расстоянию до объекта R .

$$F = \frac{H}{R} \cdot oa . \quad [3]$$

Если фокусное расстояние F известно, то по изображению a точки A можно определить расстояние до нее R и высоту наблюдаемого объекта h .

$$R = H \frac{F}{oa} , \quad [4]$$

$$h = \frac{ba \cdot H}{oa} . \quad [5]$$

Если граница известна по нескольким осям, то распознавание производится по ним аналогично.

Если нет известной границы, то монокулярное распознавание не позволяет определить расстояние R до точек и положение их по осям X и Y . В данном случае можно использовать метод стереоскопии, основанный на анализе двух изображений.

4. Бинокулярные системы

В бинокулярной системе обычно расстояние L между камерами постоянно. Его известную величину можно использовать аналогично известной границе для определения расстояний и координат точек. На рис. 3 схематически показана бинокулярная система, содержащая камеры 1 и 2. В общем случае фокусные расстояния камер F_1 и F_2 могут различаться.

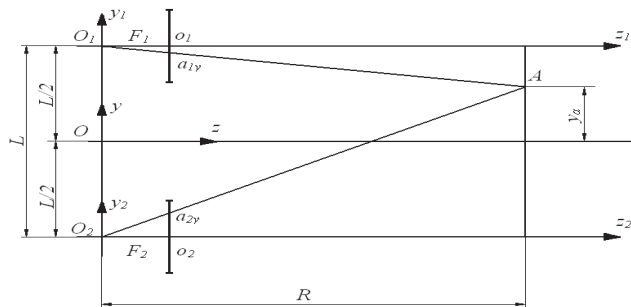


Рис.3. Схема бинокулярного распознавания в плоскости \overline{OYZ}

Допустим, на матрицах камер 1 и 2 получены изображения $\underline{a}_1 = (a_{1x}, a_{1y})$ и $\underline{a}_2 = (a_{2x}, a_{2y})$ точки A . Из-за пространственной разнесенности камер изображения \underline{a}_1 и \underline{a}_2 занимают различные положения.

Рассмотрим распознавание по оси Y , вводя дополнительные обозначения t_{1a} и t_{2a} для тангенсов угла видимости точки A для матриц камер 1 и 2 по оси Y .

Из геометрического подобия следует выполнение пропорций:

$$\left\{ \begin{array}{l} t_{1y} = \frac{o_1 a_{1y}}{F_1} = \frac{O_1 A}{R} = \frac{y_A - \frac{L}{2}}{R} \\ t_{2y} = \frac{o_2 a_{2y}}{F_2} = \frac{O_2 A}{R} = \frac{y_A + \frac{L}{2}}{R} \end{array} \right. \quad [6]$$

Решая полученную систему, находим

$$y_A = \frac{L \cdot (t_{1y} + t_{2y})}{2(t_{2y} - t_{1y})} \quad [7]$$

$$R = \frac{L}{t_{2y} - t_{1y}} \quad [8]$$

По вычисленным значениям R и y_a координату x_a можно определить с помощью одной камеры, например, камеры 1.

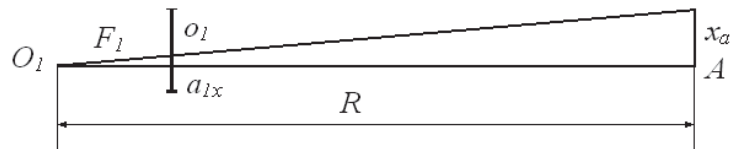


Рис.4. Схема бинокулярного распознавания в плоскости OXZ

Как видно из рис. 4, для этого можно использовать пропорцию

$$\frac{F_1}{o_1 a_{1x}} = \frac{R}{x_a} \Rightarrow x_a = R \cdot \frac{o_1 a_{1x}}{F_1} \quad [9]$$

Для изображения точки на матрице камеры 2 можно выполнить такие же расчеты, как и для камеры 1. Поэтому полученную избыточность можно использовать для уточнения получаемой координаты x_a

$$x_A = \frac{x'_A + x''_A}{2} \quad [10]$$

5. Заключение

В статье рассмотрены самые общие методы определения координат точек на пространственных объектах. На практике также используются методы, основанные на использовании реперных точек.

Реальные камеры дают искажения изображений по сравнению с идеальным проецированием на прозрачный экран, обусловленные в основном оптической системой самих камер. Поэтому для повышения точности после распознавания координат точек их необходимо скорректировать с учетом данных искажений.

1. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. Пер. с англ. Вайнштейна Г. Г. и Васьяковского А. М. под редакцией Стефанюка В. Л. М.: «МИР» 1976.-502.