

КАЛИБРОВКА КАМЕРЫ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФОРМ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Губчик И. Н.

Иванов Н. Н. –к. ф.м наук, доцент

Одной из центральных задач в области машинного зрения является калибровка камеры. В докладе описывается метод калибровки по группе изображений объекта различной геометрической формы для корректировки нелинейных искажений, вызванных дисторсией объектива.

При калибровке камеры часто используются калибровочные объекты с известными пространственными параметрами (фотограмметрическая калибровка)[1]. Объекты при данной калибровке изготавливаются с определенной точностью, которая зависит от поставленной задачи к системе машинного зрения. В случаях отсутствия или невозможности применения калибровочных объектов были предложены методы самокалибровки камеры[2], [3]. Наиболее быстрым и точным методом частичной калибровки камеры является использование данных об искажениях объективов из существующих баз данных [4].

Предлагаемый метод калибровки камеры предназначен для системы построения трехмерных моделей по изображениям с различных камер. Главной целью калибровки отдельной камеры является определение внутренних нелинейных параметров камеры, связанных с дисторсией объектива, и их последующая корректировка. Калибровка камеры не подразумевает использование калибровочных объектов. Предполагается, что для калибровки используется совокупность изображений одного и того же объекта, сделанных с различных ракурсов при одинаковом фокусном расстоянии объектива. Калибровка камеры подразделяется на четыре различные категории, которые применимы к различным типам объектов трехмерной сцены:

- калибровка по линии со смещением и поворотом;
- калибровка по объектам с известными геометрическими параметрами, например, офисное здание;
- калибровка по водной поверхности;
- калибровка по объекту случайной геометрической формы;

Первые три категории калибровки используют аналитическое решение, в отличие от последнего способа, который является приближенным решением.

Калибровка по линии со смещением и поворотом является классическим случаем определения параметров дисторсии, при котором используется набор изображений одной и той же линии на плоскости. Совмещая изображения в единое и определив точки, принадлежащие линиям, находят параметры дисторсии. Частным случаем данного метода является калибровка по объектам известных геометрических форм [1].

При фотографировании природного ландшафта затруднительно применение калибровки по объектам известных геометрических форм. Частным случаем калибровки выступает калибровка по водной поверхности. Известно, что отражение точки объекта на спокойной водной поверхности расположено вертикально к искомой точке объекта. Водную поверхность представляет собой идеальную горизонтальную линию. Определив точки интереса на объектах, а также соответствующие им точки в отражении на водной поверхности, определяют параметры дисторсии. Линии между точками интереса и точками их отражения перпендикулярны на изображении с камеры-обскуры к горизонтальной линии водной поверхности.

Описанные выше методы не применимы в случае фотографирования объекта произвольной геометрической формы. Для этого предлагается использование калибровки камеры по совокупности изображений одного и того же объекта или группы объектов. В общем случае получение изображения на фотокамере математически описывается проективным преобразованием (формула 1), связанным с расположением камеры относительно объекта, и нелинейными искажениями объектива, доминирующей из которых является дисторсия (формула 2).

$$\begin{pmatrix} x^* \\ y^* \\ z^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ a_{31} \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ a_{32} \end{pmatrix} \cdot y + \begin{pmatrix} a_{13} \\ a_{23} \\ a_{33} \end{pmatrix} \cdot z, \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} x^* \\ y^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \cdot (1 + b_1 \cdot R^2 + \dots) + (c_1 \cdot (R^2 + 2 \cdot \begin{pmatrix} x^2 \\ y^2 \end{pmatrix})) + 2 \cdot c_2 \cdot x \cdot y \cdot (1 + c_3 \cdot R^2 + \dots), \quad (2)$$

где $a_{11}..a_{33}$ – коэффициенты проективного преобразования,

$b_1..b_n, c_1..c_m$ – коэффициенты дисторсии,

$R^2 = x^2 + y^2$ - радиус-вектор.

Введем мировую систему координат (X, Y, Z) , за которую примем систему координат объекта.

Система координат первого изображения обозначим как $(X_1, Y_1, 1)$, а второго изображения $-(X_2, Y_2, 1)$. На рисунке 1 схематически изображено преобразование отдельной точки объекта (x, y, z) из мировой системы координат в точку на плоскости первого изображения $(x_1, y_1, 1)$ и в точку на плоскости второго изображения $(x_2, y_2, 1)$.

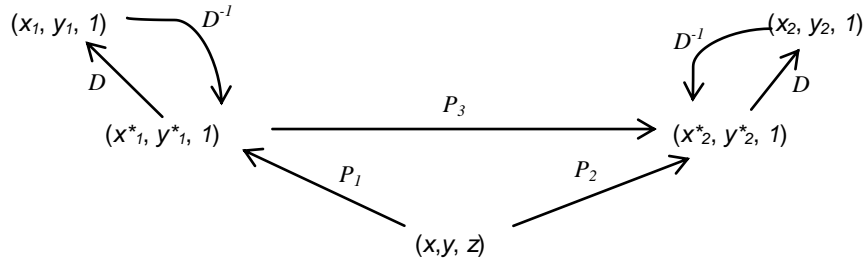


Рисунок 1 – Схематическое изображение преобразования точки в мировой системе на плоскость изображения:

$(x^*_1, y^*_1, 1)$ и $(x^*_2, y^*_2, 1)$ – промежуточные значения координат точки, D – функция дисторсии, D^{-1} – функция коррективы дисторсии, P_1, P_2 – проективные преобразования исходной точки для изображения 1 и изображения 2 соответственно, P_3 – проективное преобразование между промежуточными значениями координат точки.

Известными данными в представленной схеме являются координаты точки на двух изображениях. Исходя из этого, вводим новое преобразование между изображениями 1 и 2, которое будет включать в себя функцию коррективы дисторсии D , проективное преобразование между промежуточными значениями координат точки на двух изображениях P_3 и функцию дисторсии D^{-1} (формула 3). Зная параметры представленных функций, можно преобразовать точку $(x_1, y_1, 1)$ в точку $(x_2, y_2, 1)$ единственным возможным способом.

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{pmatrix} = D \left(P_3 \left(D^{-1} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{pmatrix} \right) \right). \quad (3)$$

Известно, что при отсутствии дисторсии применяя проективное преобразование P_3 к точке $(x_1, y_1, 1)$, получаем точку $(x_2, y_2, 1)$. Если в системе присутствуют нелинейные искажения, то после применения проективного преобразования P_3 к точке $(x_1, y_1, 1)$ получаем новую точку $(x_3, y_3, 1)$, которая будет отлична от $(x_2, y_2, 1)$. Чем меньше влияние дисторсии, тем меньше будет расстояние между точками $(x_2, y_2, 1)$ и $(x_3, y_3, 1)$. Используя данное свойство, параметры функции дисторсии и обратной функции дисторсии определяются итерационным путем. Критерием сходимости метода является расстояние между преобразованной точкой $(x_3, y_3, 1)$ после применения формулы 3 и исходной точкой на изображении 2 $(x_2, y_2, 1)$. Для уточнения результата калибровки используется большее число изображений. Выбор точек интереса на нескольких изображениях осуществляется методами сегментации изображения или вручную пользователем.

Описанный метод калибровки камеры позволяет использовать объекты различной геометрической формы, что делает калибровку системы более гибкой и быстрой для конечного пользователя, избегая необходимости съемки калибровочных объектов.

Список использованных источников:

1. Ch. Yu, G. Sharma. Plane-based calibration of cameras with zoom variation // SPIE Visual Communication and Image Processing – 15 January 2006 – pp.9.
2. M. Brucker, J. Denzler. Active Self-calibration of multi-camera systems // Lecture notes in Computer Science, Vol. 6376 – 2010 – pp. 31-40.
3. T. Dang, C. Hoffmann, C. Stiller. Continuous Stereo Self-Calibration by Camera Parameter Tracking // IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 18, No. 7 – July 2009 – pp.1536-1550.
4. DxOMark: DxOMark Lenses Overview [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.dxomark.com>. Date of access: 10.02.2014.