

# 基于双灭点的图像透视变换方法

罗晓晖, 杜召彬

(西华大学数学与计算机学院, 成都 610039)

**摘 要:** 对监控场景中目标的精确定位, 需要进行图像坐标系与世界坐标系之间的转换。而在实际应用中, 由于安装因素等原因, 难以获取摄像机的图像坐标系与世界坐标系之间转换的参数。提出一种基于双灭点的图像透视校正方法。通过分析世界坐标系中4个控制点在图像坐标系中的位置关系, 实现透视投影下图像坐标系与世界坐标系之间的转换。实验结果证明该方法简便实用。

**关键词:** 双灭点; 透视变换; 图像处理

## Method of Image Perspective Transform Based on Double Vanishing Point

LUO Xiao-hui, DU Zhao-bin

(School of Mathematics and Computer Engineering, Xihua University, Chengdu 610039)

**【Abstract】** Precise location of object in monitor image is based on the transformation image coordinate and world coordinate. By the reasons of practical application such as allocation of monitor, the parameter of the transformation is difficult to get. In this paper, a method of perspective transform based on double vanishing point is proposed, which is able to transform image coordinate into world coordinate by analyzing the locations of four control points. Experimental results show the method is reliable and valid.

**【Key words】** double vanishing point; perspective transform; image processing

### 1 概述

对监控场景中目标的精确定位, 是监控图像分析与处理的重要任务之一, 如图像型火灾探测、可疑目标分析及目标跟踪等。目前, 需要进行目标精确定位的监控场景往往是大型场馆、仓库和厂房等平面场景。因此, 目标精确定位的问题转换为监控摄像头的 CCD 阵面坐标系与监控场景平面坐标系之间的坐标变换问题, 而这种坐标变换常常体现为空间的透视变换。

文献[1]从图形学的角度对各种情况下透视变换模型进行了详尽的分析, 但是其变换模型中的关键参数在实际应用中难以获取。目前实际应用中的大多数校正方法是通过投影矩阵计算出摄像机内外参数, 然后进行投影校正。这类方法为了得到较为精确的投影矩阵数据, 需要设置多组标志点阵, 标志点设置复杂且计算量较大<sup>[2-4]</sup>。文献[5-6]提出了一种通过分析4个控制点来建立图像坐标系与透视坐标系之间的对应关系模型, 并据此实现坐标变换。这种方法的坐标变换模型类似于基于双线性方程的图像四边形变换模型, 因此, 仅进行了图像的二维坐标变换, 而未涉及透视图像的深度信息, 最终未完成图像的透视变换。

在实际应用中, 通过直接测量来获取 CCD 阵面坐标系与监控场景平面坐标系之间的空间关系参数是非常困难的。通过简单的控制点能获取它们之间的空间关系参数或直接进行空间变换, 这是实际应用中对于监控场景中目标精确定位的有效方法。从以上分析出发, 本文提出了一种基于双灭点的图像透视投影的坐标转换方法。

### 2 双灭点透视变换模型

CCD 平面与监控场景所在平面之间的空间关系, 是

2 个成一定夹角的空间平面关系(不考虑平行关系), 而 CCD 阵面与监控场景分别是这 2 个平面中的有限区域。利用 CCD 成像来实现对监控目标的精确定位, 需要通过空间变换实现上述 2 个有限区域的对应。通常需要的空间变换为在透视投影变换加上一定的平面坐标变换。但是实现上述空间变换所需的参数通过现场测量来得到是不现实的。所以, 通过对控制点成像来获取相关空间变换参数是切实可靠的方法, 因而被广泛使用。

目前, 控制点的设置分为 2 种方案:

(1) 在监控场景设置栅格状矩阵控制点。这种方法可以得到比较精确的投影矩阵数据, 但是设置控制点过多且计算量大, 现场应用比较困难。

(2) 通过有限控制点确定 CCD 阵面坐标系与监控场景坐标系之间的空间关系, 从而实现它们之间的转换。这种方法操作简便, 但在实际应用中控制点需要具有以下特性: 1) 和监控现场构成空间上的固定关系(如和监控现场形状一样, 尺寸上成一定比例关系), 以便进行后期定量分析, 即从像素到米的转换。2) 在多摄像头对同一大空间进行监控时, 使用共同的控制点有利于坐标的统一。

第(2)种控制点的方法虽然简便可行, 但是由于 CCD 平面与监控场景平面之间空间关系的不确定性, 控制点在 CCD 上的成像不会像传统单灭点透视变换所呈现出规则的近大远小, 而会呈现出一种不规则的图形。基于这种情况下传统单

**基金项目:** 四川省教育厅自然科学预研基金资助项目(03226181)

**作者简介:** 罗晓晖(1970—), 男, 副教授、博士, 主研方向: 图像处理, 计算机视觉; 杜召彬, 硕士研究生

**收稿日期:** 2009-04-10 **E-mail:** lxh10801@163.com

灭点透视变换难以达到目的,因此提出一种基于双灭点的透视变换方法,该方法能够实现任意角度下的透视变换。

### 2.1 灭点透视模型

透视投影按主灭点的个数分为一点透视、两点透视和三点透视。在透视变换对象为平面场景时,不会出现三点透视的情况。图1为4个控制点(图中的A,B,C,D)构成正方形时的一点透视。其中, $m$ 为灭点。图2为两点透视示意图。其中, $m1$ 和 $m2$ 为2个灭点。

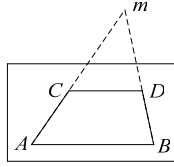


图1 一点透视下的控制点成像示意图

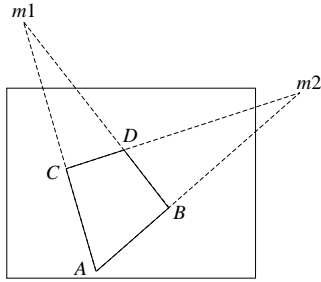


图2 两点透视下的控制点成像示意图

当4个控制点(在监控场景中成正方形)中的2条边和CCD下边平行时,控制点成像为图1所示的一点透视。但在实际应用中,摄像机拍摄姿态的控制非常困难,因此,要通过调整摄像机的拍摄姿态来形成图1所示的一点透视。虽然可以通过人为调整控制点来形成图1所示的一点透视,但是会带来如下问题:

(1)每个摄像机将各自控制点系统,增加现场工作量和不必要的人为误差。

(2)在多摄像头对同一大空间进行监控时,多个控制点系统难以实现坐标的统一。

由于摄像机的安装存在不同程度的倾角和转角,而这种倾斜角度在实际中又很难测量,因此通常得到的控制点图像是如图2所示的两点透视情况。在实际应用中,如果能实现如图2所示的两点透视下的坐标变换,既可以实现对监控场景精确定位与定量分析的简便化和减少人为误差,又能实现在对同一大空间进行监控时的多摄像头的坐标统一。

### 2.2 双灭点透视变换

针对如图2所示的双灭点透视,本文提出了一种基于双灭点的图像透视投影的坐标转换方法,将工程中普遍存在的监控平面控制点坐标系与CCD坐标系之间的双灭点透视关系转化为2次单灭点透视变换。相对于经典透视变换,该方法在工程现场的控制点设置更加方便,从而更具有实用性。该方法分为2个步骤:(1)只针对双灭点其中的一个灭点进行透视校正,从而得到如图1所示的单灭点透视;(2)使用同样方法对剩下的灭点进行透视校正。其中每一个步骤按透视原理分为X和Y的2次校正。

#### 2.2.1 X方向校正

图3为对一个灭点进行校正的示意图。其中, $a, b, c, d$ 为4个在监控场景中成正方形的控制点。首先对图像进行旋转,使边 $ab$ 平行于 $x$ 轴,而边 $cd, ac$ 和边 $bd$ 则和 $x$ 轴成一

定的夹角。此时,根据 $a, b, c, d$ 点的图像坐标,可以求出透视投影的灭点坐标 $(mx, my)$ 。然后,根据透视缩小效应, $X$ 方向上对其进行反运算,实现 $X$ 方向的校正。

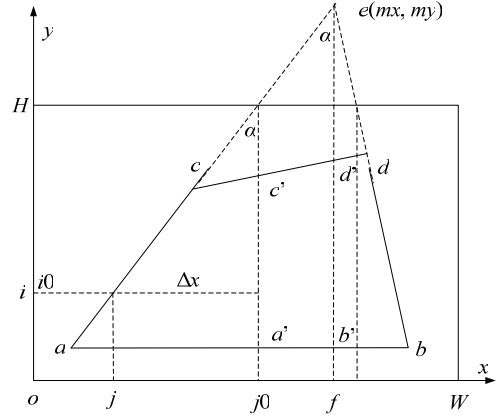


图3 单灭点透视校正示意图

在 $X$ 方向的校正中,可以选择图像高度 $(0 \sim H-1)$ 任意一条水平线的宽度作为标准宽度,本文选取图像的最上面的边(宽度 $W$ )作为标准宽度。在图3中,将边 $ac$ 校正为垂直于 $x$ 轴的 $a'c'$ ,可以通过求边 $ac$ 与过灭点 $(mx, my)$ 垂直于 $x$ 轴的边 $ef$ 的夹角 $\alpha$ ,根据三角形相似性,求出边 $ac$ 在 $i$ 高度的 $x$ 方向的偏移量 $\Delta x_i$ ,那么原图像中的点 $(j, i)$ 在校正后的图像的坐标为 $(j \pm \Delta x_i, i)$ ,进行 $X$ 方向校正时在 $Y$ 方向的坐标保持不变。则可以推出在 $X$ 方向上校正公式如下:

$$\begin{cases} i0 = i \\ j0 = j + ((H-i) \times (mx-j) / (my-i)) \end{cases} \quad (1)$$

其中, $(j, i)$ 是透视投影图像的坐标点; $(j0, i0)$ 是校正后图像的坐标点; $H$ 是图像的高度; $(mx, my)$ 是灭点坐标。

#### 2.2.2 Y方向校正

根据透视原理,可以得到在 $Y$ 方向上的缩放比例和 $X$ 方向上的缩放比例相同:

$$\frac{u}{X} = \frac{v}{Y} \quad (2)$$

因此,可以根据在 $X$ 方向变换时得到的比例关系对 $Y$ 方向进行同样比例的校正, $Y$ 方向的校正符合下式:

$$\begin{cases} j0 = j \\ i0 = \frac{i}{\frac{mx}{mx - (H-1) \times \frac{mx}{my-i}}} \end{cases} \quad (3)$$

进行 $X$ 和 $Y$ 方向2次变换后,计算出二维图像上对应点位置坐标之间的变换关系,就可以重构出校正后的图像。

#### 2.2.3 双灭点透视变换

图4为选取符合双灭点透视的标准方格图像。图5为按上述2个步骤实现双灭点透视校正后的结果。其中, $a, b, c, d$ 点为控制点,而其他点为参照点以示校正的效果。



图4 符合双灭点透视的原始图像

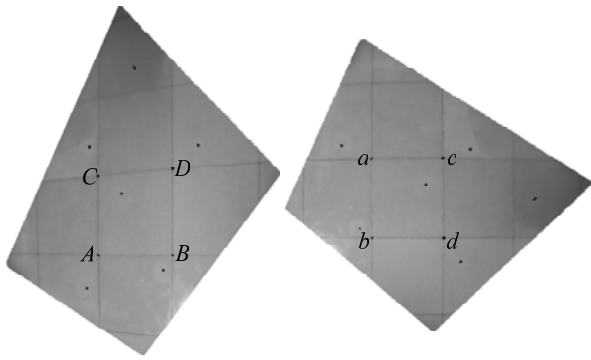


图 5 2 次灭点校正的结果

结果显示,该方法达到了对双灭点透视的校正。

### 3 实验结果

对实际监控现场的图像进行了基于双灭点透视的校正,其中控制点皆按正方形排列。实验结果 1 为一具有一定倾角的双灭点透视现场图像,如图 6~图 8 所示。

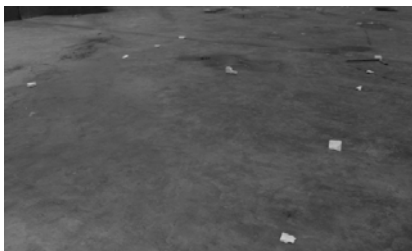


图 6 实验结果 1 原始图像



图 7 第 1 次灭点校正后图像 图 8 第 2 次灭点校正后图像

实验结果 2 在实验结果 1 的基础上加大了倾角,如图 9~图 11 所示。



图 9 实验结果 2 原始图像

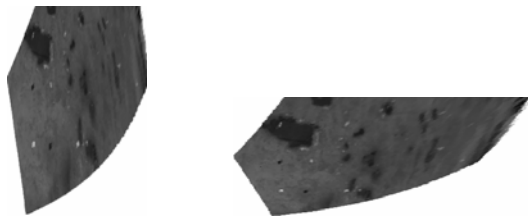


图 10 第 1 次灭点校正后图像 图 11 第 2 次灭点校正后图像

实验结果 3 为一短焦距镜头成像的监控现场图像,产生了一定畸变,如图 12~图 15 所示。



图 12 实验结果 3 原始图像



图 13 畸变校正后图像

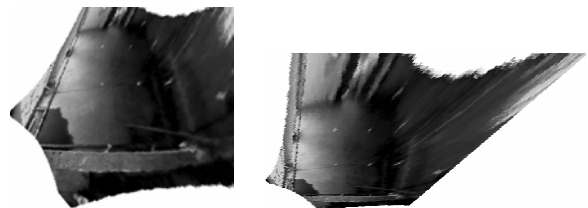


图 14 第 1 次灭点校正后图像 图 15 第 2 次灭点校正后图像

### 4 结束语

本文提出了一种基于双灭点的图像透视投影的坐标转换方法,该方法通过分析 4 个控制点在图像坐标系中的位置关系,将工程中普遍存在的监控平面控制点坐标系与 CCD 坐标系之间的双灭点透视关系转化为 2 次单灭点透视变换,更加容易地实现了图像坐标系与世界坐标系之间的转换。该方法相对于经典透视变换,在工程现场的控制点设置更加方便,从而更具有实用性。而相对于传统方法的矩阵坐标变换,减少了计算量。实验结果证明该方法简便实用、准确可靠。

### 参考文献

- [1] 何援军. 透视和透视投影变换——论图形变换和投影的若干问题之三[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(4): 734-739.
- [2] Zhu Feng, Zhou Jing, Hao Yingming, et al. Derivation of Camera Parameters Based on Geometric Meaning[C]//Proc. of IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics. [S. l.]: IEEE Press, 2005: 468-471.
- [3] 成霞, 朱方文, 袁政鹏. 基于单应的大倾角图像的几何纠正[J]. 上海大学学报, 2005, 11(5): 481-484.
- [4] 石睿, 李华. 一种基于透视投影的纹理校正方法[J]. 计算机应用, 2001, 21(4): 30-32.
- [5] 郝永杰, 刘文耀, 路炼. 畸变汽车牌照图像的空间校正[J]. 西南交通大学学报, 2002, 37(4): 417-420.
- [6] 叶青, 张春华. 汽车牌照实时几何畸变校正方法[J]. 红外与激光工程, 2004, 33(2): 181-184.

编辑 顾逸斐