

基于双线性插值的鱼眼图像校正方法

吴桂萍^{1,2} 吴巍¹ 王成² 毕昆²

¹(武汉理工大学信息工程学院 湖北 武汉 430070)

²(北京农业智能装备技术研究中心 北京 100097)

摘要 鱼镜头具有大视场、短焦距等优点,近年来被广泛应用到不同的领域。由于鱼镜头成像存在较大的畸变,目前主要用来目标监测,在目标物体的识别方面应用得很少。为此,提出一种基于球面透视投影约束的鱼眼图像校正方法,并用双线性插值法对校正后的图像进行填充,为鱼镜头在目标物体识别跟踪方面的应用做了准备工作。实验结果表明采用上述方法能够很好地对鱼眼图像畸变进行校正,且校正后的鱼眼图像符合人的直观感觉,真实感较强,图像边缘清晰。

关键词 鱼镜头 球面投影 标定 校正 双线性插值

中图分类号 TP391.41 文献标识码 A

A FISHEYE IMAGE CORRECTION METHOD BASED ON BILINEAR INTERPOLATION

Wu Guiping^{1,2} Wu Wei¹ Wang Cheng² Bi Kun²

¹(College of Information Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, Hubei, China)

²(Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China)

Abstract Because of its wide angle and short focus virtues, in recent years the fisheye lens is widely used in different fields. Since there is fairly large distortion in fisheye lens image generation, it is now mainly used in target monitoring rather than target object distinguishing. Therefore the paper proposes a fisheye image correction method based on spherical perspective projection constraint and fills the corrected image with bilinear interpolation so as to do preparation work for the application of the fisheye lens to target object distinguishing and pursuing. Experiment results show that the above mentioned method can well correct the fisheye image distortion. The corrected fisheye images are in line with people's intuitive sense, highly realistic and smooth along the boundary.

Keywords Fisheye lens Spherical projection Calibration Correction Bilinear interpolation

0 引言

鱼镜头的视场角很大,大概在 180 度到 270 度之间,且以凝视方式工作,不需要旋转和扫描,体积小、成本低、光能损失低等优点。目前在机器人导航、视频会议、监视和虚拟现实应用等许多计算机视角领域,都需要使用具有较大视场的广角或鱼眼摄像机,因此鱼镜头的使用会越来越受欢迎。由于鱼眼或者广角摄像机采集的图像存在严重变形,如果想使用这些具有严重变形图像的透视投影信息,就需要将这些变形图像校正为人们习惯的透视投影图像。目前的校正方法主要是采用平面透视投影约束,通过编写校正模型将空间直线的投影曲线映射为图像平面上的直线,如:等距投影、等立体角投影和正交投影校正模型。文献[1]提出采用立方体投影模型来校正畸变的鱼眼图像,校正后的图像真实感强,但是不能实现畸变图像的完整矫正,有部分区域不能变换到矫正后的图形的相应位置。目前这些方法,主要考虑了目标图像与鱼眼照片直接的映射关系,忽视了目标图像生成中出现的一些问题:(1)当目标图像尺寸大于鱼眼照片尺寸约 4 倍以上,就存在明显的马赛克现象;(2)当目标图像尺寸小于鱼眼图像照片尺寸时,目标图像上相邻的像素就对应鱼眼照片上距离比较大的两点,那么当系统实时运转时,

就会出现目标图像的闪烁。为了克服这些问题,本文提出通过球面透视投影约束,结合双线性插值来补充校正后的图像,实现鱼眼图像校正,且校正后的图像清晰,图像尺寸没有发生大的变换。图 1 为一幅视场为 185°的鱼眼图像。



图 1 鱼镜头采集的图像

在平面透视投影情况下,透视投影图像必须满足平面透视投影约束,也就是说对于空间直线的透视投影必须为图像平面上的直线。但是对于视场大于 180°的鱼镜头,由于它能拍摄

收稿日期:2010-10-08。北京市财政专项项目(PXM2009_179202_091370);北京市科技计划项目(D101105046310002)。吴桂萍,硕士生,主研领域:数字图像处理、模式识别。

一个唯一对应的鱼眼图像点,而且每一个鱼眼图像点也有一个和它唯一对应的球面点,则:

$$p = D^{-1}(n) \quad (3)$$

其中, D^{-1} 为鱼眼变形校正模型。鱼眼图像的校正就是找到鱼眼图像点到球面点之间的映射关系 D^{-1} 。通过模型 D^{-1} , 可以将鱼眼图像上所有图像点都映射到球面上, 且这些点必须满足球面投影约束, 也就是一条空间直线的鱼眼投影曲线必须被映射为球面上的一个大圆。如果 L 为一条空间直线在鱼眼图像上的投影曲线, 通过 D^{-1} 将其映射为球面上的大圆 C , 即:

$$c = D^{-1}(l) \quad (4)$$

相应地, 对于球面上的某一大圆 c 经过鱼眼变形模型 D 被映射为鱼眼图像上的一条曲线 L , 即:

$$l = D^{-1}(c) \quad (5)$$

由于鱼眼图像的视场大于等于 180° , 所以对应的球面图像接近一个以主轴 OZ 为轴的半球面, 如图 2 中所示。

如果空间某一点的球面透视投影点为点 P , 它的球面坐标为 (θ, φ) , 由于鱼眼变形 D , 该点被映射到鱼眼图像平面上一点 n 。且点 n 坐标记为 (x, y) , 主轴与鱼眼图像平面的交点, 则主点的直角坐标记为 (x_p, y_p) 。并把主点 (x_p, y_p) 作为极坐标系的坐标原点建立极坐标系, 那么鱼眼图像点的直角坐标系 (x, y) 与极坐标 (r, φ) 之间的关系为:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \tan \varphi = \frac{y}{x} \quad (6)$$

其中 $x = x - x_p$, $y = y - y_p$ 。

假设主点坐标位于图像中心, 这样鱼眼变形校正模型 D^{-1} 可以分为切向变形校正与径向变形校正。切向与径向变形校正分别为:

$$\varphi = D_T^{-1}(\varphi) \quad (7)$$

$$\theta = D_R^{-1}(r) \quad (8)$$

一般情况下, D_T^{-1} 和 D_R^{-1} 交复杂的, 本文采用多项式来逼近。为了提高图像校正的精度与速度, 本文采用五次多项式进行逼近, 则切向变形和径向变形校正的公式为:

$$\theta' = k_1 r + k_2 r^2 + k_3 r^3 + k_4 r^4 + k_5 r^5 \quad (9)$$

$$\varphi' = c_1 \varphi + c_2 \varphi^2 + c_3 \varphi^3 + c_4 \varphi^4 + c_5 + \varphi^5 \quad (10)$$

由于图像平面极坐标的周期性, 当 $\varphi = 0$ 时, 有 $\varphi' = 0$, 当 $\varphi = 2\pi$ 时 $\varphi' = 2\pi$, 因此:

$$c_5 = (1 - c_1 - 2\pi c_2 - 4\pi^2 c_3 - 8\pi^3 c_4) / 16\pi^4 \quad (11)$$

所以, c_5 不是一个独立的参数。所以, 为了校正鱼眼镜头, 需要恢复九个变形校正参数 $\{k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, c_1, c_2, c_3, c_4\}$ 。

3 参数的确定

在球面透视投影情况下, 本文使用的约束为场景中的直线应该投影为球面图像上的大圆。在这些直线的鱼眼投影曲线上选取采样点通过手工选取, 也可以采用多项式拟合曲线方法提取^[10], 为了对变形校正参数进行无偏估计, 选取的投影曲线应该均匀的分布在鱼眼图像上^{[11][12]}。通过变形校正参数将这些采样点映射为球面点, 建立的目标函数为这些球面点到相应拟合大圆的球面距离的平方和, 通过最小化目标函数来恢复变形校正参数。如图 3 所示为, 对鱼眼镜头采集的图像进行校正后

的图像。



图 3 校正后的鱼眼图像

4 鱼眼图像校正算法实现过程

本文主要是在 VC++ 环境下并结合计算机视觉库 opencv 完成鱼眼图像的校正。算法过程主要包括以下几个步骤:

- (1) 计算鱼眼图像区域的左右切线, 并记录图像列坐标 i, j ;
- (2) 计算鱼眼图像区域的上下切线, 并记录鱼眼图像高 h 以及给鱼眼图像的底部赋值 1;
- (3) 计算鱼眼图像的中心坐标和半径;
- (4) 利用鱼眼图像的中心坐标和半径计算出鱼眼图像的 (x, y) 坐标, 最后使用双线性插值法填充校正后的图像。

在此计算过程中, 需要把彩色图像转换为灰度绘图, 把圆形的鱼眼图像转换为长方形图像。校正后的图像如图 4 所示, 图像的灰度分布均匀, 分辨率较高。经过多次试验, 发现该方法对鱼眼图像的校正, 不仅能够对一般鱼眼图像能进行较好的校正, 对于在暗室测量的植物根系图像也能够进行较好的校正, 为图像中目标识别提供了技术参考。



图 4 校正后的根系鱼眼图像

5 结 语

本文针对传统鱼眼镜头校正存在的不足之处, 提出了对鱼眼图像进行球面投影约束方法进行校正, 并结合双线性插值法对校正后的图像进行填充。校正后的图像清晰, 亮度分布均匀, 图像真实感强。但该方法在图像中心点和半径寻找时, 是通过计算圆形鱼眼图像的上下左右切点来确定, 如果拍摄景物时镜头不在一个水平面且光轴与拍摄物不是垂直的, 找出来的图像中心点会存在偏差, 这点还需改进。

参 考 文 献

- [1] 苑光明, 丁承君, 愈学波. 基于鱼眼镜头的全方位视觉系统的设计与实现[J]. 河北工业大学学报, 2010, 39(2): 1-3.
- [2] 英向华, 胡占义. 一种基于球面透视投影约束的鱼眼镜头校正方法[J]. 计算机学报, 2003, 26(121): 1-6.

(下转第 168 页)

- [4] Leydesdorff Loet. Can Scientific Journals be classified in terms of aggregated journal-journal citation relations using the journal citation reports[J]. Journal of The American Society for Information Science and Technology, 2006, 57(5): 601-613.
- [5] Doreian Patrick. A measure of standing of journals in stratified networks[J]. Journal of the American Society for Information Science, 1985, 8(5-6): 341-363.
- [6] Ma N, et al. Bringing PageRank to the citation analysis[J]. Information Processing and Management, 2008, 44(2): 800-810.
- [7] Almila Akdag. Citation networks: a new humanities tool. 2007 [DB/OL]. <http://www.digitalhumanities.org/dh2007/abstracts/xhtml.xq?id=248>.
- [8] Irina Marshakova-Shaikovich. Bibliometric maps of field of science [J]. Information Processing & Management, 2005, 41(6): 1534-1547.
- [9] Chen P, Xie H, Maslov S. et al. Finding scientific gems with Google's PageRank algorithm[J]. Journal of Informetrics, 2007, 1(1): 8-15.
- [10] Bollen J, Rodriguez M A, Van De Sompel H. Journal status[J]. Scientometrics, 2006, 69(3): 669-687.
- [11] Evelien Otte. Social network analysis: a powerful strategy, also for the information sciences [J]. Journal of Information Science, 2002, 28(6): 441-453.
- [12] Girvan M, Newman M E J. Community structure in social and biological networks[J]. Proceedings of Natl Acad Sci USA, 2002, 99(12): 7821-7826.
- [13] Howard D. White, Barry Wellman, Nancy Nazer. Does citation reflect social structure? Longitudinal evidence from the Globenet interdisciplinary research group[J]. JASIST, 2004, 55(2): 111-126.
- [14] Yasmin H Said, Edward J Wegman, Walid K. Sharabati, et al. Social networks of author-coauthor relationships[J]. Computational Statistics & Data Analysis, 2008, 52(4): 2177-2184.
- [15] Xiaoming Liu, Johan Bollen, Michael L Nelson, et al. Co-authorship networks in the digital library research community [J]. Information Processing and management, 2005, 41(6): 1462-1480.
- [16] Kretschmer H, Kretschmer T. Application of a New Centrality Measure for Social Network Analysis to Bibliometric and Webometric Data [C]//1st IEEE International Conference on Digital Information Management, Bangalore, 2006: 199-204.
- [17] Ryutaro Ichise, Hideaki Takeda, Kosuke Ueyama. Community Mining Tool using Bibliography Data [C]//Proceedings of the Ninth International Conference on Information Visualization, IEEE Computer Society, 2005: 953-958.
- [18] Ryutaro Ichise, Hideaki Takeda, Taichi Muraki. Research Community Mining with Topic Identification [C]//Proceedings of the Information Visualization, IEEE Computer Society, 2006: 276-281.
- [19] Yoon B, Park Y. A text-mining-based patent network: Analytical tool for high-technology trend[J]. Journal of High Technology Management Research, 2004, 15(1): 37-50.
- [20] Zhou W J, Wen J R, Ma W Y, et al. A concentric-circle model for community mining in graph structures [R]. Technical Report MSR-TR-2002-123, Microsoft Research Asia, Beijing, China, 2002.
- [21] Kajikawa J, Yoshikawa Y. Takeda et al. Tracking emerging technologies in energy research: Toward a roadmap for sustainable energy[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2008, 75(6): 771-782.
- [22] David Dreyfus, Bala Iyer. Knowledge sharing and value flow in the software industry: searching the patent citation network [C]//Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, 2005: 87a.
- [23] Shann-Bin Chang, Shu-Min Chang, Wei-Yuan Guh. Exploring the technology diffusion trajectories and groups of basic patents of business methods: using the patent citation network [D]. Portland International Center for Management of Engineering and Technology, 2007: 1784-1789.
- [24] 李运景, 侯汉清. 引文分析可视化研究[J]. 情报学报, 2007, 26(2): 301-308.
- [25] PKiduk Yang, Lokman Meho. CiteSearch: next-generation citation analysis [C]//Proceedings of the 7th ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries, Canada, 2007: 101-102.
- [26] Chien-Chih Chen, Kai-Hsiang Yang, Hung-Yu Kao, et al. BibPro: A Citation Parser Based on Sequence Alignment Techniques [C]//22nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications, Okinawa, 2008: 1175-1180.
- [27] PDongwon Lee, Jaewoo Kang, Prasenjit Mitra, et al. Are your citations clean? [J]. Communications of the ACM, 2007, 50(12): 33-38.
- [28] Powley B, Dale R. High accuracy citation extraction and named entity recognition for a heterogeneous corpus of academic papers [C]//International Conference on Natural Language Processing and Knowledge Engineering, Beijing, 2007: 119-124.
- [29] Mingyang Wang, Guang Yu, Daren Yu. Measuring the preferential attachment mechanism in citation networks [J]. Statistical Mechanics and its Application, 2008, 387(18): 4692-4698.
- [30] 胡立勇, 陈定权. 引文分析可视化研究[J]. 情报技术, 2004, 11: 78-81.
- [31] Shi-Jian Gao, Wang-Zhi Yu, Feng-Ping Luo. Citation analysis of PhD thesis at Wuhan University, China [J]. Library Collections, Acquisitions, and Technical Services, 2009, 33(1): 8-16.

(上接第 124 页)

- [3] 陈晃明, 陈向颖. 鱼镜头光学设计 [J]. 北京理工大学学报, 1989, 9(3): 39-41.
- [4] 王永仲. 鱼镜头光学 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [5] 席志红, 孙丽华, 孙绍光. 基于鱼镜头的全视角图像 [J]. 应用科技, 2007, 34(12): 8-11.
- [6] 吴健辉, 杨坤涛, 张南洋, 等. 基于鱼镜头的目标监控与测量分析系统 [J]. 光学技术, 2009, 35(4): 599-603.
- [7] 贾云得, 吕宏静, 徐岸, 等. 一种鱼镜头成像立体视觉系统的标定方法 [J]. 计算机学报, 2000, 23(11): 1215-1219.
- [8] 范丹, 何永强, 李计添, 等. 一种基于鱼镜头的非均匀线性校正方法 [J]. 红外, 2009, 30(8): 28-31.
- [9] 侯文广, 尚涛. 鱼镜头在获取建筑物立面影像中的新方法 [J]. 武汉大学学报, 2007, 40(1): 105-109.
- [10] Weng J, Chen P, Herniou M. Camera calibration with distortion models and accuracy evaluation [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1992, 14(10): 965-980.
- [11] Kang S B. Radial distortion snakes [C]//IAPR Workshop on Machine Vision Application, Tokyo, 2000: 603-606.
- [12] Devernay F, Faugeras O. Straight lines have to be straight: automatic calibration and removal of distortion from scenes of structured environments [J]. Machine Vision and Application, 2001: 14-24.