

一种基于经线模型的鱼眼图像校正算法

斯闻豪,杨 庚

(南京邮电大学 计算机学院,江苏 南京 210003)

摘 要:鱼眼镜头所拍摄的图像具有严重的畸变。为了消除鱼眼图像的畸变,提出了一种改进的基于经线模型的校正算法。该算法首先建立经线模型,然后利用改进的校正算法对鱼眼图像进行校正,再建立半圆模型对校正过的图像进行修正,得到最终的图像。该算法不需要进行鱼眼镜头的标定以及参数的估计,通过建立全局统一的模型,对鱼眼图像进行校正。通过对模型图像和真实图像进行实验,结果表明,文中提出的算法能高效快捷地对鱼眼图像进行校正,而且具有较好的效果。

关键词:鱼眼图像;经线模型;校正;修正

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)10-0038-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.10.009

A Fisheye Image Correction Method Based on Longitude Model

SI Wen-hao, YANG Geng

(College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: Images taken by fisheye lenses often have severe distortion. In order to correct fisheye images, propose an improved correction method based on longitude model. A longitude model is built firstly. Then an improved correction method is presented to correct fisheye images. Finally, amend the corrected images by using semi-circle model. This method corrects fisheye images by establishing a global model and does not require calibration and parameter estimation. Based on the model and real images experiments, results show that the improved fisheye image distortion correction method proposed in this paper can correct the distortion of fisheye images fast and efficiently, and has good performance.

Key words: fisheye images; longitude model; correction; amendment

0 引 言

鱼眼镜头以其超大的视角(约为 180° 或者更大)被广泛应用于全景浏览、大范围监控系统、智能交通系统等众多领域。但是鱼眼镜头所拍摄的图像具有很明显的畸变,这能产生强烈的视觉效果。然而如果既要鱼眼镜头所具有的大视角,又要让所拍摄的图像符合人们视觉习惯的透视图像,这就需要对鱼眼图像进行校正,这是目前研究的目标。

现有的研究已提出若干鱼眼图像校正算法,如基于鱼眼镜头标定的校正算法^[1-2],该方法需要预先准备标定设备,通过标定来获得校正参数;基于约束条件的校正算法^[3-6],该类算法针对关键特征定义约束条件,如直线约束、正交约束等,再通过最优化方法求解,

但是需要事先采样曲线;采用多视角的校正算法^[3,7],该算法通过转移光学中心获得透视图像,但最终得到的不是一幅完整的校正图像,而是五幅不同区域的校正图像;基于柱面模型^[8]的校正算法,该算法根据球面到柱面的映射,将鱼眼图像按柱面展开;基于椭圆方程模型^[9]的校正算法,该算法将鱼眼图像中的点映射为5维向量,再用椭圆方程模型求解校正参数,但该算法需要事先选择曲线。

文中采用基于经线模型^[10-11]的校正算法,并提出了改进的算法。该算法首先建立经线模型,然后利用改进的校正算法对鱼眼图像进行校正,再建立半圆模型对校正过的图像进行进一步修正,得到最终的图像。

实验结果表明,文中提出的算法不需要进行鱼眼

收稿日期:2013-11-10

修回日期:2014-02-15

网络出版时间:2014-07-17

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61272084,61202004);江苏省高校自然科学研究重大项目(11KJA520002);江苏省科技支撑计划(社会发展)项目(BE2011826);高等学校博士学科点专项科研基金资助课题(20113223110003,20093223120001)

作者简介:斯闻豪(1989-),男,硕士研究生,研究方向为计算机图像处理;杨 庚,博士,教授,研究方向为计算机图像处理、网络安全、分布与并行计算、移动计算。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140717.1229.026.html>

镜头的标定以及参数的估计,通过建立全局统一的模型,对鱼眼图像进行有效快捷的校正。

1 背景知识

本节介绍经线模型的校正算法。该算法的思想是:首先对鱼眼图像求取圆心和半径并将鱼眼图像投射到经线模型上。在经线模型中,同一条纵向经线上的不同像素点在校正后的图像中具有相同的横坐标值,同一条横向经线上的不同像素点在校正后的图像中具有相同的纵坐标值。

如图 1,点 A 和点 A₁ 在同一条纵向经线上,则点 A 经过校正,横坐标应该与点 A₁ 相同。同样,点 A 和点 A₂ 在同一条横向经线上,则点 A 经过校正,纵坐标应该与点 A₂ 相同。

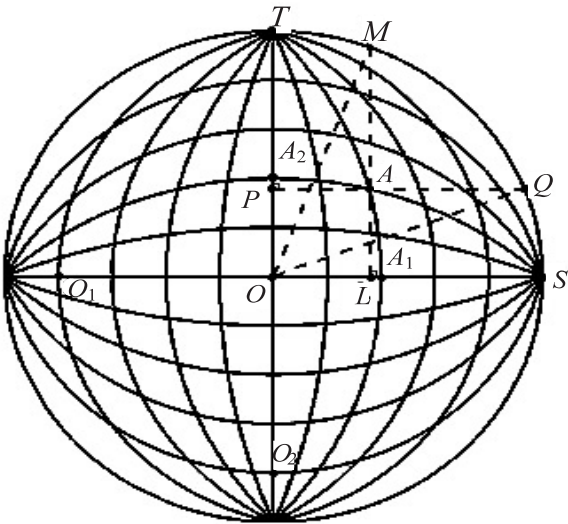


图 1 经线模型

对鱼眼图像中每个像素点的横坐标和纵坐标进行校正。设鱼眼图像中一像素点坐标为 (x,y), 经过校正后坐标为 (x_c,y_c), 则根据比例关系:

$$\begin{cases} \frac{PA}{AQ} = \frac{OA_1}{OS} \\ \frac{LA}{AM} = \frac{OA_2}{OT} \end{cases} \tag{1}$$

可以得到校正公式:

$$\begin{cases} x_c = \frac{R * (x - x_0)}{\sqrt{R^2 - (y - y_0)^2}} + x_0 \\ y_c = \frac{R * (y - y_0)}{\sqrt{R^2 - (x - x_0)^2}} + y_0 \end{cases} \tag{2}$$

其中,(x₀,y₀) 为鱼眼图像中心点坐标;(x_{c0},y_{c0}) 为校正图像中心点坐标;R 为鱼眼图像圆形有效区域半径。

由式(2)可知,要想对鱼眼图像进行校正,首先要得到鱼眼图像圆形有效区域的圆心坐标和半径。

对于鱼眼图像圆形有效区域的提取,已经有很多算法被提出。最常用的有最小二乘拟合法^[12-13]、面积统计法^[12-13]、区域生长法^[14]、逐行逐列扫描法^[13],在此不再赘述。

2 改进的校正算法

文中提出的改进的校正算法分为校正和修正两步。校正将弯曲的图像展平,修正将展平的图像适当的拉伸,以符合人们的视觉习惯。

2.1 建立坐标系

1) 鱼眼图像坐标系:设鱼眼图像 P,以鱼眼图像中心点 O(x₀,y₀) 为坐标原点建立鱼眼图像坐标系 XOY。

2) 校正图像坐标系:设校正图像 P_c,以校正图像中心点 O_c(x_{c0},y_{c0}) 为坐标原点建立校正图像坐标系 X_cO_cY_c。校正图像坐标系与鱼眼图像坐标系重合。

3) 修正图像坐标系:设修正图像 P_a,以修正图像中心点 O_a(x_{a0},y_{a0}) 为坐标原点建立修正图像坐标系 X_aO_aY_a。

2.2 校正

结合图 1,式(1)的比例关系并不是很准确。就式(1)第一个等式来说,当点 A 沿纵向经线越来越接近于点 A₁ 时,比值 PA/AQ 越来越接近于比值 OA₁/OS;而当点 A 沿纵向经线越来越接近于点 T 时,比值 PA/AQ 越来越小于比值 OA₁/OS,如表 1 所示。

表 1 PA/AQ 随坐标变化趋势

X 坐标	Y 坐标	PA/AQ	OA ₁ /OS
14	- 252	0.153 485	0.399 254
30	- 232	0.223 607	
45	- 211	0.272 337	
62	- 182	0.315 164	
76	- 151	0.343 252	
86	- 127	0.364 410	
96	- 95	0.383 085	
101	- 69	0.390 014	
104	- 46	0.393 905	
106	- 30	0.398 024	
107	0	0.399 254	

表 1 给出了点 A 沿纵向经线由靠近点 T 的点(14, - 252) 向点 A₁ 移动时 PA/AQ 的变化趋势。可以明显地看出,当点沿经线越来越接近于点 T 时,比值 PA/AQ 越来越小于比值 OA₁/OS。

针对这个不足,文中提出了一种改进的校正算法。这个改进算法的思想和原先算法的思想一样,即同一条纵向经线上的不同像素点在校正后的图像中具有相同的横坐标值,同一条横向经线上的不同像素点在校正后的图像中具有相同的纵坐标值。但是校正公式不同。

如图1,由于每条纵向经线和横向经线都是某个圆的一段圆弧,所以在同一条经线上的像素点在一个圆上,到圆心的距离一样。设点 $A(x, y)$ 和点 $A_1(x_c, y_{c0})$ 所在纵向经线的圆心为点 $O_1(a, y_0)$,则点 A 、点 A_1 和点 $T(x_0, R + y_0)$ 到点 O_1 的距离相等,得到式(3)。

求解式(3),得式(4)。

其中, (x_0, y_0) 为鱼眼图像中心点坐标; (x_{c0}, y_{c0}) 为校正图像中心点坐标,两点坐标是重合的。

$$\begin{cases} (x_c - x_{c0}) - (a - x_{c0}) = \sqrt{[(x - x_{c0}) - (a - x_{c0})]^2 + (y - y_0)^2} \\ \sqrt{[(x - x_{c0}) - (a - x_{c0})]^2 + (y - y_0)^2} = \sqrt{(a - x_{c0})^2 + R^2} \end{cases} \quad (3)$$

$$x_c = \frac{R^2 - (x - x_{c0})^2 - (y - y_0)^2 - \sqrt{[R^2 - (x - x_{c0})^2 - (y - y_0)^2]^2 + 4(x - x_{c0})^2 R^2}}{-2(x - x_{c0})} + x_{c0} \quad (4)$$

$$\begin{cases} (y_c - y_{c0}) - (b - y_0) = \sqrt{(x - x_0)^2 + [(y - y_0) - (b - y_0)]^2} \\ \sqrt{(x - x_0)^2 + [(y - y_0) - (b - y_0)]^2} = \sqrt{(b - y_0)^2 + R^2} \end{cases} \quad (5)$$

$$y_c = \frac{R^2 - (x - x_0)^2 - (y - y_0)^2 - \sqrt{[R^2 - (x - x_0)^2 - (y - y_0)^2]^2 + 4(y - y_0)^2 R^2}}{-2(y - y_0)} + y_{c0} \quad (6)$$

2.3 修正

经过校正后,将在同一条纵向经线上的像素点的横坐标校正为该经线与横向直径交点的横坐标;将在同一条横向经线上的像素点的纵坐标校正为该经线与纵向直径交点的纵坐标。但是,由于鱼镜头将广大的视角浓缩到鱼眼图像中,所以经过校正后的图像是被压缩的。因此,文中提出了修正算法。

图2为半圆修正模型。半圆直径表示校正图像某一行(某一列),点 O_c 为修正模型圆心,也是校正图像的中心。切线 l 表示对应于修正图像的那一行(那一列),点 O_a 为修正图像的中心。 R 为半圆半径。点 A_c 为校正图像某一行(某一列)上像素点,作 A_cP 垂直于 O_cA_c 交半圆于点 P ,作射线 O_cP 交切线 l 于点 A_a ,点 A_a 即为经过修正后对应于修正图像该行(该列)的像素点。

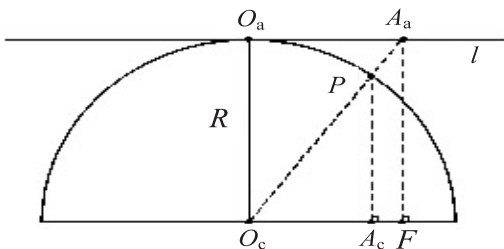


图2 半圆修正模型

修正算法同样分别对某一像素点的横坐标和纵坐标进行修正。设校正图像中某一像素点坐标为 (x_c, y_c) ,修正后该像素点在修正图像中的坐标为 (x_a, y_a) :

(1) 对于横坐标:假设 O_cA_c 所在直径为横轴。由相似三角形原理得:

类似的,点 $A(x, y)$ 和点 $A_2(x_{c0}, y_c)$ 所在横向经线的圆心为点 $O_2(x_0, b)$,则点 A 、点 A_2 和点 $S(R + x_0, y_0)$ 到点 O_2 的距离相等,得到式(5)。

求解式(5),得式(6)。

其中, (x_0, y_0) 为鱼眼图像中心点坐标; (x_{c0}, y_{c0}) 为校正图像中心点坐标,两点坐标是重合的。

由式(4)和式(6),可以得到点 A 经过校正后的横坐标 x_c 和纵坐标 y_c 。

$$\frac{O_cA_c}{O_cF} = \frac{PA_c}{A_aF}$$

根据下式对该像素点的横坐标进行修正:

$$x_a = \frac{R * (x_c - x_{c0})}{\sqrt{R^2 - (x_c - x_{c0})^2}} + x_{a0} \quad (7)$$

其中, x_{c0} 为校正图像中心点横坐标; x_{a0} 为修正图像中心点横坐标。

(2) 对于纵坐标:假设 O_cA_c 所在直径为纵轴。由相似三角形原理得:

$$\frac{O_cA_c}{O_cF} = \frac{PA_c}{A_aF}$$

根据下式对该像素点的纵坐标进行修正:

$$y_a = \frac{R * (y_c - y_{c0})}{\sqrt{R^2 - (y_c - y_{c0})^2}} + y_{a0} \quad (8)$$

其中, y_{c0} 为校正图像中心点纵坐标; y_{a0} 为修正图像中心点纵坐标。

2.4 算法流程

改进的校正算法主要分为校正和修正两步。如果鱼眼图像上的像素点 (x, y) 通过式(4)和式(6)得到校正图像上的点 (x_c, y_c) ,再通过式(7)和式(8)得到修正图像上的点 (x_a, y_a) ,则得到的修正图像存在像素缺失的现象。所以文中采用由修正图像像素点坐标求对应鱼眼图像像素点坐标以及双线性插值的方法。文中改进的校正算法流程如下:

(1) 求出式(7)和式(8)的反函数,将修正图像某一像素点 (x_a, y_a) 映射到校正图像对应坐标 (x_c, y_c) 。

(2) 求出式(4)和式(6)的反函数,将坐标 $(x_c,$

y_c) 映射到鱼眼图像对应坐标 (x,y) 。

(3) 用双线性插值算法, 求出修正图像像素点 (x_a,y_a) 的像素值。

3 实验结果与分析

为了验证文中提出方法的可行性, 从模型图像和真实图像两方面对文献[10]提出的经线校正模型和文中提出的改进的经线校正模型进行比较。

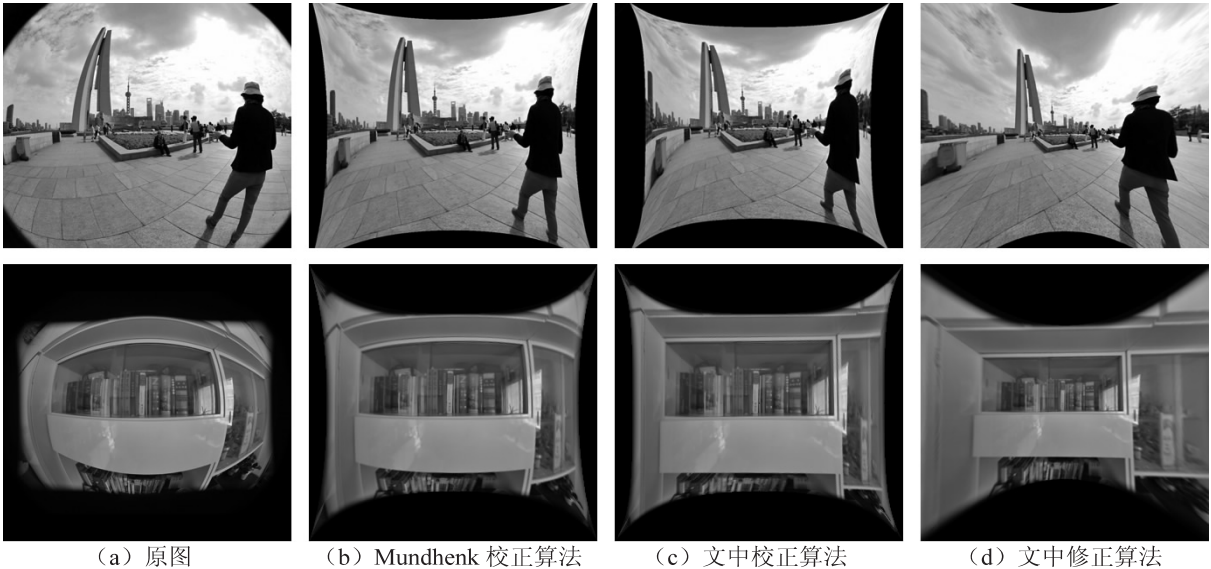
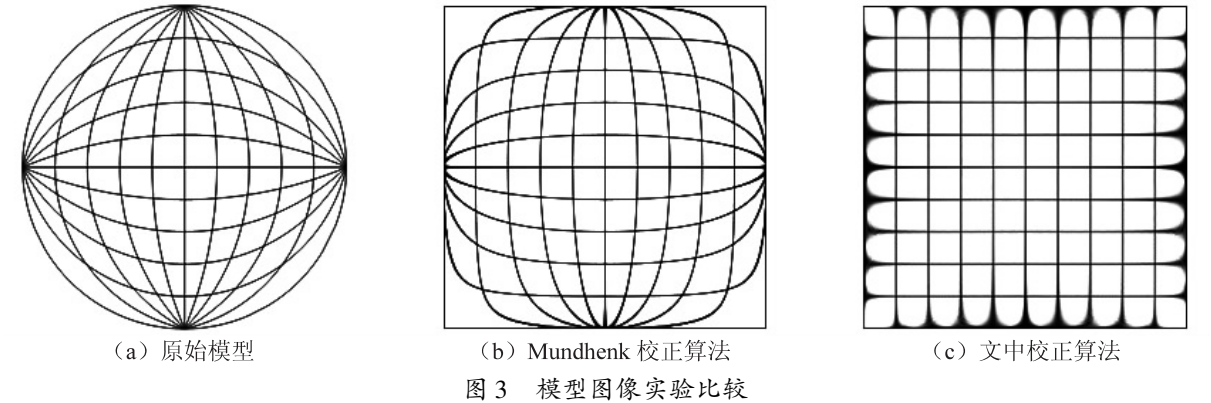
3.1 模型图像实验

文中采用经线模型图来模拟鱼眼图像, 如图 3(a)。图 3(b)是采用文献[10]Mundhenk 提出的经线校正算法校正的图像, 图 3(c)是采用文中提出的改进的校正算法校正的图像。从图中可以看出, Mundhenk 提出的校正算法没有完全把弯曲畸变的图像校正, 弯

曲的经线虽然得到了校正, 但不是很完全。而文中提出的改进的校正算法完全校正了弯曲的经线。

3.2 真实图像实验

图 4(a)是需要校正的鱼眼图像, 图 4(b)是采用文献[10]Mundhenk 提出的经线校正算法校正的图像。从图中可以看出, 该算法没有完全把弯曲畸变的图像校正, 越接近边缘的地方校正得越不完全。图 4(c)是采用文中提出的校正算法校正的图像。从图中可以看出, 文中提出的算法把弯曲的图像很好地校正了, 但是仍然没有校正到符合人眼视觉的效果, 图像还是存在挤压的。图 4(d)是经过修正的图像。修正的图像将校正过的图像适当拉伸, 得到了较好的效果。但在图像的边缘区域产生了模糊, 这是文中提出的改进算法不足的地方。



4 结束语

文中提出了一种改进的基于经线模型的鱼眼图像校正算法。该算法采用经线校正模型和半圆修正模型对鱼眼图像进行校正和修正, 得到了较好的效果。相对于前人的研究, 该算法不需要对鱼镜头进行标定,

也不需要参数的估计, 改进了传统的基于经线模型的校正算法未能将弯曲畸变的图像完全校正的缺点, 使用方便。但该算法还存在的不足是在对鱼眼图像边缘区域的校正时有些模糊, 有待后续的研究中继续改进。

最近邻居的范围和时间缩短,大大降低了在线实时推荐的执行时间。

5 结束语

针对传统过滤协同算法在推荐精度和稀疏性方面所存在的一些问题,提出了一种基于情景的协同过滤推荐改进算法。实验结果表明该算法能在一定程度上提高推荐精度和推荐时间,目前还存在一些改进空间,比如在结合用户个性化方面还需要做进一步的研究。

参考文献:

- [1] Schafer J B, Konstan J A, Riedl J. E-commerce recommendation applications[J]. Data Mining and Knowledge Discovery, 2001, 5(1-2): 115-153.
- [2] Su Xiaoyun, Khoshgoftaar T M. A survey of collaborative filtering techniques[J]. Advances in Artificial Intelligence, 2009, 2009: 421-425.
- [3] Linden G, Smith B, York J. Amazon.com recommendations: item-to-item collaborative filtering[J]. IEEE Internet Computing, 2003, 7(1): 76-80.
- [4] 游文, 叶水生. 电子商务推荐系统中的协同过滤推荐[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(9): 70-72.
- [5] 许海玲, 吴潇, 李晓东, 等. 互联网推荐系统比较研究[J]. 软件学报, 2009, 20(2): 350-362.
- [6] Adomavicius G, Tuzhilin A. Towards the next generation of

recommender systems: a survey of the state-of-the-art and possible extensions[J]. IEEE Trans on Knowledge and Data Engineering, 2005, 17(6): 734-749.

- [7] Zeng Chun, Xing Chunxiao, Zhou Lizhu. Similarity measure and instance selection for collaborative filtering[C]//Proc of the 12th international conference on World Wide Web. New York, NY: ACM Press, 2003: 652-658.
- [8] 罗辛, 欧阳元新, 熊璋, 等. 通过相似度支持度优化基于 K 近邻的协同过滤算法[J]. 计算机学报, 2010, 33(8): 1437-1445.
- [9] Pitsilis G, Knapklog S J. Social trust as a solution to address sparsity-inherent problems of recommender systems[C]//Proc of ACM recommender system workshop on recommender system & the social web. [s. l.]: [s. n.], 2009: 33-40.
- [10] 范波, 程久军. 用户间多相似度协同过滤推荐算法[J]. 计算机科学, 2012, 39(1): 23-26.
- [11] 查文琴, 梁昌勇, 曹镭. 基于用户聚类的协同过滤推荐方法[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(6): 69-71.
- [12] 毛国君. 数据挖掘原理与算法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [13] 陈健, 印鉴. 基于影响集的协作过滤推荐算法[J]. 软件学报, 2007, 18(7): 1685-1694.
- [14] Sarwar B, Karypis G, Konstan J, et al. Item-based collaborative filtering recommendation algorithm[C]//Proc of the 10th international World Wide Web conference. New York: ACM Press, 2001: 285-295.

(上接第 41 页)


参考文献:

- [1] Wang Xiaofeng, Feng Weijia, Liu Qingjie, et al. Calibration research on fish-eye lens[C]//Proc of 2010 IEEE international conference on information and automation. Harbin: IEEE, 2010: 385-390.
- [2] 贾云得, 吕宏静, 徐岸, 等. 一种鱼眼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.
- [3] Kanatani K. Calibration of ultrawide fisheye lens cameras by eigenvalue minimization[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2013, 35(4): 813-822.
- [4] Carroll R, Agrawal M, Agarwala A. Optimizing content-preserving projections for wide-angle images[J]. ACM Transactions on Graphics, 2009, 28(3): 1-9.
- [5] Wei Jin, Li Chenfeng, Hu Shimin, et al. Fisheye video correction[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2012, 18(10): 1771-1783.
- [6] 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(12): 1702-1708.
- [7] 黄有度, 苏化明. 大视角鱼眼镜头图像中的漫游[J]. 工程

图学学报, 2006, 27(5): 44-49.

- [8] 周辉, 罗飞, 李慧娟, 等. 基于柱面模型的鱼眼影像校正方法的研究[J]. 计算机应用, 2008, 28(10): 2664-2666.
- [9] Zhu Haijiang, Wang Xuejing, Yi Chong. An elliptical function model for fisheye camera correction[C]//Proc of 2011 9th world congress on intelligent control and automation. Taipei: IEEE, 2011: 248-253.
- [10] Mundhenk T N, Rivett M J, Liao Xiaoqun, et al. Techniques for fisheye lens calibration using a minimal number of measurements[C]//Proc of intelligent systems and smart manufacturing. [s. l.]: International Society for Optics and Photonics, 2000: 181-190.
- [11] 杨玲, 成运. 应用经纬映射的鱼眼图像校正设计方法[J]. 工程图学学报, 2010, 31(6): 19-22.
- [12] 唐俊. 鱼眼图像轮廓提取算法研究[J]. 微机发展(现更名: 计算机技术与发展), 2004, 14(10): 9-10.
- [13] 江芳, 袁纵横. 鱼眼图像轮廓提取方法的对比[J]. 计算机系统应用, 2011, 20(4): 214-218.
- [14] 杨丹, 游磊, 张小洪, 等. 基于区域生长的鱼眼图像轮廓提取算法[J]. 计算机工程, 2010, 36(8): 217-218.

一种基于经线模型的鱼眼图像校正算法

作者: [斯闻豪](#), [杨庚](#), [SI Wen-hao](#), [YANG Geng](#)
作者单位: [南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京, 210003](#)
刊名: [计算机技术与发展](#) 
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2014(10)

引用本文格式: [斯闻豪](#), [杨庚](#), [SI Wen-hao](#), [YANG Geng](#) 一种基于经线模型的鱼眼图像校正算法[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2014(10)