

文章编号:1001-9081(2015)01-0220-04

doi:10.11772/j.issn.1001-9081.2015.01.0220

基于相对定向和小区域融合的视频图像拼接

杜丙新*

(安阳师范学院 传媒学院, 河南 安阳 455000)

(*通信作者电子邮箱 dubingxin@126.com)

摘要:针对视频图像拼接中拼接面选取不当造成的畸变问题和图像融合阶段视差带来的残影问题,借助半角纠正法选取合适的拼接面,使用小区域融合法解决融合残影问题。首先,利用摄影测量的相对定向法计算图像姿态参数;然后,根据姿态参数对待拼接图像进行半角纠正并旋转到同一中介平面;接着,利用匹配的同名点对齐图像;最后,在图像重叠区域的中间部分选取一条形区域作为过渡区并采用渐入渐出法进行融合。实验结果表明,在双摄像头视频拼接系统中,半角纠正法比传统平面拼接法的畸变要小;同时与渐入渐出融合法相比,小区域融合法能避免由视差引起的大面积残影问题。经分析,半角纠正和小区域融合法能有效解决视频拼接中图像变换的畸变和重叠区域融合残影问题。

关键词:相对定向;半角修正;小区域融合;视频图像拼接;视差

中图分类号: TP391.413 **文献标志码:**A

Video image mosaic based on relative orientation and small region fusion

DU Bingxin*

(School of Media and Communications, Anyang Normal University, Anyang Henan 455000, China)

Abstract: Aiming at the problems in video mosaic system that image transformation distortion caused by improper selection of stitching surface and fusion blur caused by image parallax, half angle correction method was proposed to help select proper stitching surface and small region fusion method was applied to solve fusion blur problem. First, image's attitude parameters were calculated by using relative orientation of photogrammetry; then, according to the attitude parameters, images to be stitched were rotated half angle and mapped to the same intermediary plane; next, the images were aligned by matching points; finally, a bar area was selected in the middle of overlapping area as a transition area and the fade fusion method was applied to the area. The experimental results show that, half angle correction method can achieve smaller distortion than the traditional plane stitching method; compared to fade fusion method, small region fusion method can avoid large area of blur problem caused by parallax. So, half angle correction and small region fusion methods can solve image transformation distortion and overlapping area fusion blur problems effectively.

Key words: relative orientation; half angle correction; small region fusion; video image mosaic; parallax

0 引言

视频图像拼接是图形图像处理领域的研究热点之一。目前,该技术已被广泛应用于视频压缩、检索、自动化视频监控和三维虚拟环境的构建等领域^[1]。

视频拼接技术研究的难点在于兼顾拼接算法的实时性和拼接效果的质量保证。基于图像拼接技术的视频拼接视觉质量较好,但现有的图像拼接技术算法复杂、运算量较大,均无法实现实时处理的要求。常用的改进办法有借助硬件加速^[2]和借助查表法^[3-4]。文献[2]实验研究表明即使借助图形处理器(Graphic Processing Unit, GPU)加速,尺度不变特征变换(Scale-Invariant Feature Transform, SIFT)算子提取时间最快也需要54 ms(图像分辨率为256×256),考虑到图像拼接后续算法的运行时间,距离视频拼接实时性要求依然有较大差距(帧频25 fps(frame per second),一个视频帧要在40 ms内完成拼接)。利用历史信息加速帧图像拼接技术(查表法)

虽然满足了实时性的要求,但当视差较大时,重叠区域会出现鬼影问题^[5]。

本文利用查表法实现视频图像的近实时拼接。一般来说,当两个待拼接图像在拍摄瞬间成像平面方向夹角较大时,融合的全景图将会出现很大的畸变和失真,破坏与实际景物的视觉一致性^[6]。本文提出一种基于相对定向的图像拼接技术来克服这种拼接畸变;此外,在图像融合阶段,渐入渐出融合法由于良好的融合效果及快速的运算性能而被视频拼接技术普遍采用。但是,当待融合的图像间视差现象明显时,渐入渐出融合法将不可避免地产生重影和模糊问题。本文在渐入渐出融合法的基础上,针对视频拼接的特点提出了一种小区域融合法。实验证明,与渐入渐出融合法相比,小区域融合法不仅保持了良好的视觉效果,而且提高了融合速度,有效地避免了大面积的重影现象。

1 基于相对定向的视频拼接算法设计

基于相对定向的拼接技术思路是:首先利用摄影测量学

收稿日期:2014-08-14;修回日期:2014-09-19。 基金项目:河南省科技厅科技攻关重点项目(112102210373, 122102310523)。

作者简介:杜丙新(1982-),男,河南信阳人,讲师,硕士研究生,主要研究方向:计算机图形图像、机器视觉。

中的相对定向法求出两图像间的夹角;然后利用半角纠正法把两图像重投影到一个中介平面上;最后利用渐入渐出融合算法进行融合。本文方法克服了拍摄方向夹角较大的两张图像进行拼接产生严重畸变、破坏视觉一致性的缺陷。基于相对定向的图像拼接算法的流程如图1所示。

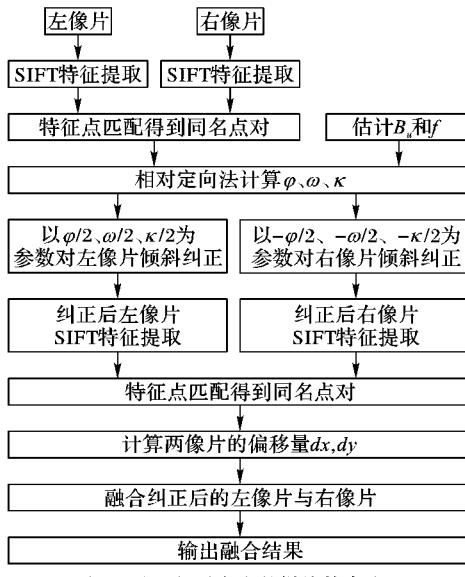


图1 基于相对定向的拼接技术流程

1.1 相对定向元素及其求解

在摄影测量中,不同视点获得的具有重叠区域的两张像片构成立体像对。立体像对的相对定向就是要恢复摄影瞬间相邻两像片的摄影光束的相互关系,从而使同名光线对相交^[7]。相对定向的方法,一般以左像片为基准,采用右像片的直线运动和角运动来实现。即以左像片为参考,确定右像片相对于左像片的5个相对定向元素: $B_v, B_u, \varphi, \omega, \kappa$,它们描述了立体像对两张像片的相对位置和姿态关系。

如图2所示, a_1, a_2 是物点A在左右两张像片的像点,在各自的像平面内的坐标分别为 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) , $S_1 a_1, S_2 a_2$ 表示一对同名光线, S_1, S_2 为空间基线。左片以它的像空间坐标系为像空间辅助坐标系 $S_1-u_1v_1w_1$,以 S_2 为原点的右片像空间辅助坐标系为 $S_2-u_2v_2w_2$,两者相应坐标轴系平行,且 a_1, a_2 在各自的像空间辅助坐标系的坐标分别为 (u_1, v_1, w_1) 和 (u_2, v_2, w_2) , S_2 在 $S_1-u_1v_1w_1$ 中的坐标为 (B_u, B_v, B_w) 。根据构像原理,3个向量 $\overrightarrow{S_1S_2}, \overrightarrow{S_1a_1}, \overrightarrow{S_2a_2}$ 共面,它们的混合积等于零,用坐标的形式表示时,即为一个三阶行列式等于零:

$$\mathbf{F} = \begin{vmatrix} B_u & B_v & B_w \\ u_1 & v_1 & w_1 \\ u_2 & v_2 & w_2 \end{vmatrix} = 0 \quad (1)$$

其中: $[u_1 \quad v_1 \quad w_1]^T = [x_1 \quad y_1 \quad -f]^T$

$$\begin{bmatrix} u_2 \\ v_2 \\ w_2 \end{bmatrix} = \mathbf{R} \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ -f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ -f \end{bmatrix}$$

\mathbf{R} 是右片相对于像空间辅助坐标系的3个旋转角 φ, ω, κ 构成的旋转矩阵。由于 B_u 只涉及模型比例尺,因此式(1)含有5个相对定向元素 B_v, B_u, j, w, k 。为了与角元素统一,常将 B_v, B_u 化为角度来表示。即将 $B_v \approx B_u\mu, B_w \approx B_u\gamma$ 代入式(1),然后按泰勒级数展开,取一次小值项,得:

$$\mathbf{F} = (\mathbf{F})^0 + \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mu} d\mu + \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \gamma} d\gamma + \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \varphi} d\varphi + \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \omega} d\omega + \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \kappa} d\kappa \quad (2)$$

其中:($\mathbf{F})^0$ 是用相对定向元素的近似值求得的 \mathbf{F} 值,为常数; $d\mu, d\gamma, d\varphi, d\omega, d\kappa$ 为相对定向待定参数的修正数,是待定值。求出式(2)中的5个系数偏导数后展开并略去二次以上小项,整理后,得:

$$v_1 x_2 d\varphi + (v_1 y_2 - w_1 f) dw - x_2 w_1 d\kappa + (w_1 u_2 - u_1 w_2) d\mu + (u_1 v_2 - u_2 v_1) d\gamma + (\mathbf{F})^0 / b_u = 0 \quad (3)$$

在仅考虑到一次小值项的情况下,式(3)中的 x_2, y_2 可用像空间辅助坐标系 u_2, v_2 取代,并近似地认为:

$$\begin{cases} v_1 = v_2 \\ w_1 = w_2 \\ w_1 u_2 - u_1 w_2 = -(b_u / N_2) w_1 \\ u_1 v_2 - u_2 v_1 = (b_u / N_2) v_1 \end{cases} \quad (4)$$

其中 N_2 是右片像点 a_2 变为模型点A时的投影系数。将式(4)

代入式(3)中,并用 N_2/w_1 乘以全式,且令 $Q = (\mathbf{F})^0 N_2 / b_u w_1$,得:

$$Q = \frac{(\mathbf{F})^0 N_2}{b_u w_1} = -\frac{u_2 v_2}{w_2} N_2 d\varphi - (w_2 + v_2^2 / w_2) N_2 dw + u_2 N_2 d\kappa + b_u d\mu - \frac{v_2}{w_2} b_u d\gamma \quad (5)$$

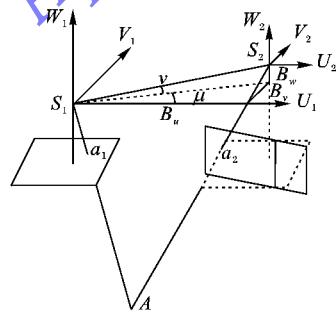


图2 相对定向共面条件

在立体像对中每量测一对同名像点的像点坐标,就可以列出一个 Q 方程式。由于式(5)中 $d\mu, d\gamma, d\varphi, d\omega, d\kappa$ 5个未知数,因此,相对定向至少需要量测5对同名像点的像点坐标。当观測了6对以上同名像点时,将 Q 视为观測值,由式(5)得到误差方程式:

$$v_Q = -\frac{u_2 v_2}{w_2} N_2 d\varphi - (w_2 + v_2^2 / w_2) N_2 dw + u_2 N_2 d\kappa + b_u d\mu - \frac{v_2}{w_2} b_u d\gamma - Q \quad (6)$$

然后按最小二乘的原理求解式(6)得到 $d\mu, d\gamma, d\varphi, d\omega, d\kappa$ 。因为式(6)是由式(1)经线性化后的结果,所以相对定向元素的求解是一个逐步趋近的迭代过程,实际中通常认为当所有改正数小于限值 0.3×10^{-4} 弧度时^[8],迭代计算结束。

1.2 像片纠正与半角纠正法

1.2.1 像片纠正

像片纠正的目的是将原本倾斜关系的左右两张像片变换到同一平面,使得同名像点的关系变换为仅具有 x 轴, y 轴两个方向偏移量 d_x 和 d_y 的简单关系。以右像片纠正为例,将倾斜像片 P_R 纠正为水平相片 P'_R ,其中 P_R 和 P'_R 是透视变换关系,左片 P_L 和 P'_R 变换为共面关系^[9],如图3(a)所示。

倾斜像片的坐标系为以 S_2 为原点的像空间坐标系, 水平像片的坐标系为 $S_2-u_2v_2w_2$, 物点 A 在倾斜像片上像点 a_2 坐标为 (x_2, y_2) , 在水平像片上像点 a_2' 坐标为 (x_2', y_2') , 则它们满足^[10]如下关系式:

$$\begin{cases} x_2 = -f \cdot \frac{a_1 x_2' + b_1 y_2' - c_1 f}{a_3 x_2' + b_3 y_2' - c_3 f} \\ y_2 = -f \cdot \frac{a_2 x_2' + b_2 y_2' - c_2 f}{a_3 x_2' + b_3 y_2' - c_3 f} \end{cases} \quad (7)$$

利用反解法, 对于水平像片 P_R' 上的所有点, 反求出其在倾斜像片上的坐标值, 进行双线性插值, 得到该点的像素值, 填在像片 P_R' 相应坐标处, 即可得到纠正后的像片 P_R '。

1.2.2 半角纠正法

进行全角纠正时, 两图像间水平面的夹角越大, 畸变越严重。针对这个问题, 本文提出半角纠正法来解决。半角纠正法是在计算两张像片相对定向角 φ, ω, κ 的基础上, 对两张像片均进行纠正, 对于左片, 以 $\varphi/2, \omega/2, \kappa/2$ 为旋转角; 对于右片, 以 $-\varphi/2, -\omega/2, -\kappa/2$ 为旋转角, 两张像片变换到中间的一个中介平面上, 如图 3(b) 所示。因为透视变换旋转角度变小, 所以在一定程度上减小了校正变形, 使得拼接后的图像不会产生较大畸变。

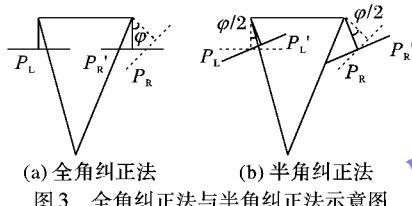


图 3 全角纠正法与半角纠正法示意图

2 小区域融合算法

2.1 视差分析

视差是指在两个不同的视点上观测同一个景物所出现的差异。视差值可以反映出场景点与投影中心的距离。如图 4 所示, 视差与景物深度成反比关系: 景物深度越大则视差越小; 反之亦然。

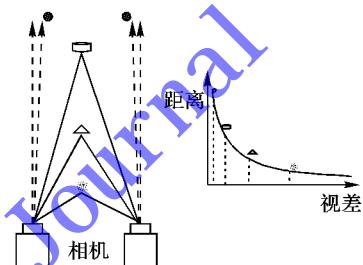


图 4 视差示意图^[11]

2.2 小区域融合算法

渐入渐出融合法是图像拼接后期处理时常用的融合方法之一。然而在视差严重的情况下, 渐入渐出融合法将不可避免地产生模糊和残影问题^[12~13]。残影只出现在重叠区域, 因此参与融合的重叠区域的面积越小, 产生残影的区域就越小, 视频中出现残影的帧的数量也就越少^[14]。小区域融合法正是基于这样的思想而产生。小区域融合法在重叠区域的中间部分选取一条形区域作为过渡区域, 过渡区域内采用渐入渐出融合法进行融合, 过渡区域以外的部分保留原图的颜色和

亮度。

2.2.1 过渡区域的确定

小区域融合法在重叠区域的中间部分取一块宽度为 D 的条形区域, 如图 5 所示, 点 $O(x_o, y_o)$ 是重叠区域的最大内接矩形的中心点, 点 O 到直线 l_1 和 l_2 的距离都等于 $0.5D$ 。把直线 l_1 和 l_2 之间重叠区域作为过渡区域, 图中用粗线框标注。

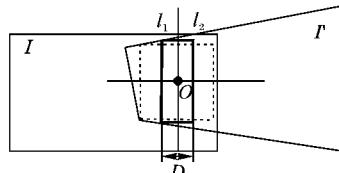


图 5 小区域融合法的过渡区域示意图

过渡区域宽度 D 的值决定了对立关系的倾斜方向, D 越大, 则过渡效果越好, 出现重影帧数量越多; 反之亦然。当 D 为最大重叠区域宽度时, 融合算法具有最佳的过渡效果, 但是出现重影的帧数量最多; 当 D 为最小值 0 时, 融合算法没有平滑的过渡效果, 合成区域出现明显的拼接缝隙, 但是出现重影的帧数量最少。过渡区域宽度 D 的设置原则是选取令融合图像具有良好平滑过渡的视觉效果的最小值。 D 的选取还与待融合的图像间的亮度和色彩差异大小有关。实验证明, D 与待融合的图像间的亮度和色彩差异成正比例关系, 差异越小, D 值越小。

2.2.2 权值的计算

设过渡区域的左、右边界线的横坐标分别为 x_l, x_r , 过渡区域的宽度为 D 。融合区域中某个像素点 (x_i, y_i) , 它所对应的两个源像素点的权值分别如式(8)所示:

$$\begin{cases} w_1(x, y) = \frac{x_r - x_i}{x_r - x_l} \\ w_2(x, y) = 1 - w_1(x, y) = \frac{x_i - x_l}{x_r - x_l} \end{cases} \quad (8)$$

3 实验结果和分析

3.1 半角纠正拼接实验

为验证本文中半角纠正和小区域融合算法的有效性, 本节利用固定双摄像头分别在户外和室内环境下拍摄的视频数据进行算法研究。两个摄像头具有水平位移、垂直位移、拍摄方向具有较大夹角。图 6(a)和图 7(a) 分别是从左右两摄像头视频数据中选取的帧图像。实验结果如图 6~7 所示。图 6(b)和图 7(b)是采用传统的图像拼接技术拼接的结果, 合成图像畸变严重, 破坏了视觉一致性, 视觉效果不好。图 6(c)和图 7(c)是采用本文中基于相对定向的图像拼接算法合成的拼接效果图, 合成图像拼接虽然有轻微畸变, 但是没有破坏视觉一致性, 视觉效果较理想。

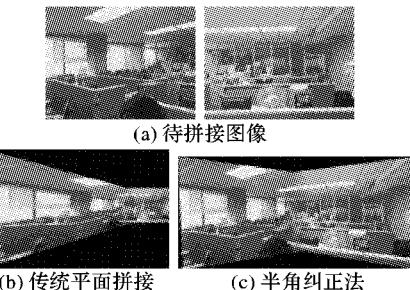


图 6 室内场景的半角纠正法与传统算法的对比

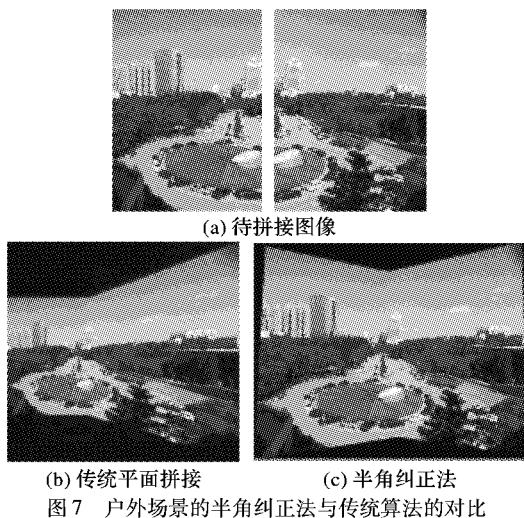


图7 户外场景的半角纠正法与传统算法的对比

3.2 小区域融合实验

为验证本文所提出的小区域融合法的有效性,同样,利用双摄像头在户外和室内环境下拍摄的视频数据进行算法研究。图8统计了室内和室外两类视频分别采用渐入渐出融合法和小区域融合法的平均运算时间。显然,小区域融合法的计算速度比渐入渐出融合法更快。

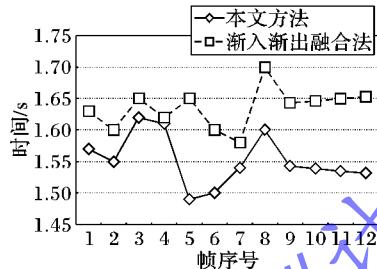


图8 两种融合法的平均运算时间对比

图9和图10分别是从室内和室外的视频数据中选取的若干帧进行实验的拼接结果。图9(a)、(c)、(e)和图10(a)、(c)、(e)采用的是渐入渐出融合法的融合效果;图9(b)、(d)、(f)和图10(b)、(d)、(f)是采用小区域融合法的融合效果。从视觉效果上看,由于视差的存在,图9(a)、(c)、(e)和图10(a)、(c)、(e)融合图像出现明显的残影和模糊问题;而图9(b)、(d)、(f)和图10(b)、(d)、(f)图像相对清晰,效果明显好于图9(a)、(c)、(e)和图10(a)、(c)、(e)。由此可见,与渐入渐出融合法相比,小区域融合法有效地克服了大面积出现残影的缺陷,减少了出现残影问题的帧的数量,提高了融合速度,更适用于视频拼接。



图9 两种融合法效果对比1



图10 两种融合法效果对比2

4 结语

本文提出了一种基于相对定向的视频图像拼接技术。该技术使用半角纠正方法来解决视频拍摄方向夹角较大而出现的图像变换时畸变和失真问题;此外,本文针对视频图像拼接时视差较大而出现的残影和模糊问题提出了一种小区域融合的方法,与渐入渐出融合法相比,小区域融合法不仅保持了良好的视觉效果,而且还提高了融合速度、有效地避免了大面积的残影现象。本文实验研究仅选取了室内和室外光照均比较好的环境下进行,复杂光照环境下实验效果的分析和改进还需要进一步研究。

参考文献:

- [1] BOUKERCHE A, JARRAR R, PAZZI R W. A novel interactive streaming protocol for image-based 3D virtual environment navigation [C]// ICC'09: Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Communications. Piscataway: IEEE, 2009: 1 – 6.
- [2] YUAN X, PENG G, WANG L. GPU-based real time image registration with variant SIFT [J]. Computer Science, 2011, 38(3): 300 – 303. (袁修国, 彭国华, 王琳. 基于GPU的变型SIFT算子实时图像配准[J]. 计算机科学, 2011, 38(3): 300 – 303.)
- [3] WANG X, CHEN L, LIANG X. Method of real time automatic video stitching [J]. Computer Engineering, 2011, 37(5): 291 – 293. (王小强, 陈临强, 梁旭. 实时全自动视频拼接方法[J]. 计算机工程, 2011, 37(5): 291 – 293.)
- [4] CHANG J, QIN R, LI Q, et al. Image quality assessment of panoramic image [J]. Computer Science, 2014, 41(6): 278 – 281. (常嘉义, 秦瑞, 李庆, 等. 全景鸟瞰拼接图像的质量评价方法[J]. 计算机科学, 2014, 41(6): 278 – 281.)
- [5] LI S, KANG X, HU J. Image fusion with guided filtering [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2013, 22 (7): 2864 – 2875.
- [6] WANG J, SHI J, WU X. Survey of image mosaics techniques [J]. Application Research of Computers, 2008, 25 (7): 1940 – 1947. (王娟, 师军, 吴宪祥. 图像拼接技术综述[J]. 计算机应用研究, 2008, 25(7): 1940 – 1947.)

(下转第230页)

- ple-instance image based on the bag space [J]. Journal of Image and Graphics, 2013, 18(9): 1093 – 1100. (王科平, 杨艺, 王新良. 包空间多示例图像自动分类[J]. 中国图象图形学报, 2013, 18(9): 1093 – 1100.)
- [2] SINGARAJU D, VIDAL R. Using global bag of features models in random fields for joint categorization and segmentation of objects [C]// CVPR 2011: Proceedings of the 2011 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Piscataway: IEEE, 2011: 2313 – 2319.
- [3] HE D, QIAO Y, LI P, et al. Weed recognition based on SVM-DS multi-feature fusion [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(2): 182 – 187. (何东健, 乔永亮, 李攀, 等. 基于 SVM-DS 多特征融合的杂草识别[J]. 农业机械学报, 2013, 44(2): 182 – 187.)
- [4] LI S. Image classification based on the low-level feature and SVM [D]. Kaifeng: Henan University, 2013. (李顺才. 基于底层特征和 SVM 的图像分类[D]. 开封: 河南大学, 2013.)
- [5] LI F, PERONA P. A Bayesian hierarchical model for learning natural scene categories [C]//CVPR 2005: Proceedings of the 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Piscataway: IEEE, 2005: 524 – 531.
- [6] GRAUMAN K, DARRELL T. The pyramid match kernel: discriminative classification with sets of image features [C]// ICCV 2005: Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Computer Vision. Piscataway: IEEE, 2005: 1458 – 1465.
- [7] van GEMERT J C, VEENMAN C J, SMEULDERS A W M, et al. Visual word ambiguity [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2010, 32(7): 1271 – 1283.
- [8] ZHOU L. Research on key technologies of scene classification and object recognition [D]. Changsha : National University of Defense Technology, 2012. (周莉. 自然场景分类与目标识别关键技术研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2012.)
- [9] JIANG Y, WANG R, WANG C. Scene classification with context pyramid features [J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2010, 22(8): 1366 – 1373. (江悦, 王润生, 王程. 采
- 用上下文金字塔特征的场景分类[J]. 计算机辅助设计与图形学报, 2010, 22(8): 1366 – 1373.)
- [10] HAN B, YANG C, GAO X. Aurora image classification based on LDA combining with saliency information [J]. Journal of Software, 2013, 24(11): 2758 – 2766. (韩冰, 杨辰, 高新波. 融合显著信息的 LDA 极光图像分类[J]. 软件学报, 2013, 24(11): 2758 – 2766.)
- [11] BAY H, TUYTELAARS T, van GOOL L. SURF: speeded up robust features [C]// ECCV 2006: Proceedings of the 9th European Conference on Computer Vision. Berlin: Springer, 2006: 404 – 417.
- [12] LIANG J, LIU Q, AI Q. Research of image classification based on fusion of SURF and global feature [J]. Computer Engineering and Applications, 2013, 49(17): 174 – 177. (梁进, 刘泉, 艾青松. 基于 SURF 和全局特征融合的图像分类研究[J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(17): 174 – 177.)
- [13] CHANG C, LIN C. LIBSVM: a library for support vector machines [J]. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 2011, 2(3): Article No. 27.
- [14] SIMARD P Y, BOTTOU L, HAFFNER P, et al. Boxlets: a fast convolution algorithm for signal processing and neural networks [C]// Proceedings of the 1998 Conference on Advances in Neural Information Processing Systems. Cambridge: MIT Press, 1999: 571 – 577.
- [15] VIOLA P, JONES M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features [C]// CVPR 2001: Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Piscataway: IEEE, 2001: I-511 – I-518.
- [16] DONG W, WANG Z, CHARIKAR M, et al. Efficiently matching sets of features with random histograms [C]// Proceedings of the 16th ACM International Conference on Multimedia. New York: ACM, 2008: 179 – 188.
- [17] CHARIKAR M S. Similarity estimation techniques from rounding algorithms [C]// Proceedings of the Thirty-Fourth Annual ACM Symposium on Theory of Computing. New York: ACM, 2002: 380 – 388.

(上接第 223 页)

- [7] ZHANG Z. Determining the epipolar geometry and its uncertainty: a review [J]. International Journal of Computer Vision, 1998, 27 (2): 161 – 195.
- [8] XU Y, ZHOU Q, CONG L, et al. High-speed simultaneous image distortion correction transformations for a multi-camera cylindrical panorama real-time video system using FPGA [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2014, 24(6): 1061 – 1069.
- [9] HARTLEY R, ZISSELMAN A. Multiple view geometry in computer vision [M]. WEI H, YANG S, ZHANG Q, et al. translated. Hefei: Anhui University Press, 2002: 291 – 300. (HARTLEY R, ZISSELMAN A. 计算机视觉中的多视图几何学[M]. 韦穗, 杨尚骏, 章权宾, 等译. 合肥: 安徽大学出版社, 2002: 291 – 300.)
- [10] WANG P, XU Y. Photogrammetry [M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2005: 109 – 112. (王佩军, 徐亚明. 摄影测量学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2005: 109 – 112.)
- [11] BRADSKI G, KAEBLER A. Learning OpenCV: computer vision
- with the OpenCV library [M]. Nanjing: SouthEast University Press, 2009: 15 – 21.
- [12] CAO J, LI K, GAO C, et al. Application of local features in aerial image mosaic [J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 2013, 42(1): 125 – 129. (曹健, 李侃, 高春晓, 等. 局部特征在航拍图像拼接中的应用[J]. 电子科技大学学报, 2013, 42(1): 125 – 129.)
- [13] SONG F, LU B. An automatic video image mosaic algorithm based on SIFT feature matching [C]// Proceedings of the 2012 International Conference on Communication, Electronics and Automation Engineering Advances in Intelligent Systems and Computing. Berlin: Springer, 2013: 879 – 886.
- [14] JIANG H, ZHANG L. A color correction algorithm for stereo video coding based on histogram matching [J]. Information and Communications Technologies, 2009, 3(5): 75 – 78. (姜浩, 张蕾. 一种基于直方图匹配的立体视频颜色校正算法[J]. 信息通信技术, 2009, 3(5): 75 – 78.)