

基于边缘特征和可信度的立体匹配算法

李治江¹, 冯谨强¹, 曹文冬², 曹丽琴¹, 杨萍³

(1. 武汉大学, 武汉 430079; 2. 华为技术有限公司, 深圳 518129;

3. 杭州电子科技大学, 杭州 310018)

摘要: **目的** 针对难以快速获得高精度的稠密视差图问题, 提出一种基于边缘特征和可信度的立体匹配算法。 **方法** 为了增加像素点之间的区分性, 采用鲁棒性较好的AD-Census函数作为匹配代价测度函数。针对匹配窗口跨越视差不连续区域时造成误匹配问题, 算法首先对参考图像进行边缘特征提取, 基于边缘特征约束, 获取形状和大小均具有自适应特性的匹配窗口。视差计算时, 使用WTA算法计算每个像素点的视差值, 同时计算该像素点视差的可信度。最后通过边缘检测图和信度图进行联合优化, 修复可信度较低的像素点的视差。 **结果** 该算法能够快速有效地处理视差遮挡区域和视差不连续区域的误匹配问题。 **结论** 基于边缘特征和可信度的立体匹配算法是一种高效可行的立体匹配算法。

关键词: 立体匹配; 边缘检测; 信度图; 视差图

中图分类号: TS801.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)23-0047-05

Stereo Matching Algorithm Based on Edge Features and Confidence

LI Zhi-jiang¹, FENG Jin-qiang¹, CAO Wen-dong², CAO Li-qin¹, YANG Ping³

(1. Wuhan University, Wuhan 430079, China; 2. Huawei Technology Co., Ltd., Shenzhen 518129, China;

3. Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

ABSTRACT: Objective Aiming to solve the problem of difficulty in quickly obtaining dense disparity map with high precision, a stereo matching algorithm was proposed based on edge features and confidence. **Methods** In order to increase the distinction between the pixels, the algorithm used AD-Census function as the matching cost measure function. Targeting at the mismatch problem caused by the matching window across the parallax discontinuity region, firstly we obtained sparse feature points of edge from the reference image, and then obtained the matching window with self-adaptive size and shape based on edge feature constraints. Using the WTA algorithm to calculate the disparity of each pixel when computing parallax, and meanwhile calculate the confidence of each pixel's disparity. Finally, we repaired the disparity of pixels with low disparity confidence through combined optimization of edge detection image and confidence image. **Results** The experimental results showed that the algorithm could fast and effectively deal with the mismatch problems of occlusion and disparity discontinuities. **Conclusion** The stereo matching algorithm based on edge features and confidence is an efficient and feasible stereo matching algorithm.

KEY WORDS: stereo matching; edge detection; confidence image; disparity map

光栅立体印刷技术^[1-2]是使平面二维图像内容呈现三维立体感的一种特种印刷技术, 被广泛应用到

收稿日期: 2014-10-09

基金项目: 国家科技支撑计划(2012BAH91F03); 国家863计划(2013AA12A401); 国家自然科学基金重大计划(91120002/F030602)

作者简介: 李治江(1977—), 男, 湖北人, 博士, 武汉大学副教授, 主要研究方向为视觉认知。

广告、包装、摄影等行业。目前,为了快速获得可直接打印到柱镜光栅上的立体合成图像,很多学者提出了基于双目或三目的光栅立体合成技术,而这些技术的核心就是立体匹配。立体匹配原理是从不同角度对同一场景拍摄得到的两幅图像中寻找相互匹配的像素点,从而获得视差图,它是计算机视觉领域中的研究热点^[3-5]。在立体匹配过程中,高精度的稠密匹配仍然是一个非常困难的问题,主要是由于图像噪声、低纹理区、重复纹理区以及遮挡等因素的影响^[6-8],使每个像素点估计得到的视差值并不一定是真实值。在立体匹配算法中,局部立体匹配因匹配速度快,且精度较高,容易实现,更适于实际应用中^[9]。为了获得接近真实场景的稠密视差图,国内外许多学者对局部算法做了改进,主要分为3类^[7]:第1类是改进代价测度函数,例如AD-Census^[10-11]组合匹配代价函数,它是AD函数和Census transform函数的结合,性能好于单独任何一种测度函数;第2类是改进匹配窗口,主要对窗口位置、大小、方向进行动态选择,例如Kanade^[12]提出通过局部亮度和视差的波动来动态选择窗口,Fusiello^[13]计算每个像素周围9个不同位置的模版窗口;第3类是融合颜色相似性或空间相似性约束,对不同区域内的像素代价赋予不同的权重,例如AdaptWeight算法^[14]是根据相似度和空间距离给每个点加权,SegmentSupport算法^[15]是采用基于图像分割的权重对AdaptWeight算法做了进一步的改进。以上3类改进方法增加了局部算法的整体精度,但匹配效率降低,且无法度量每个像素视差值的准确程度。为了评价每个像素视差值的准确程度,Hu^[16]提出了使用可信度对当前估计视差值进行评价的方法,即定义可信度值为匹配代价次小值与最小值的比值。当比值越接近1,像素视差值可信度越低,反之越接近0,可信度越高。通过每个像素视差值的可信度,对可信度低的视差值进行重新估计,最终得到可信度较高的稠密视差图。

为了快速获得精度较高的稠密视差图,文中提出一种基于边缘特征和可信度的立体匹配算法(流程见图1)。在使用传统立体匹配算法流程的基础上,该算法额外增加边缘特征提取,通过边缘特征约束,快速选择自适应的匹配窗口,以及通过边缘检测图和信度图进行联合视差优化,最终得到精确、稠密的视差图像,而且满足实时性的要求。

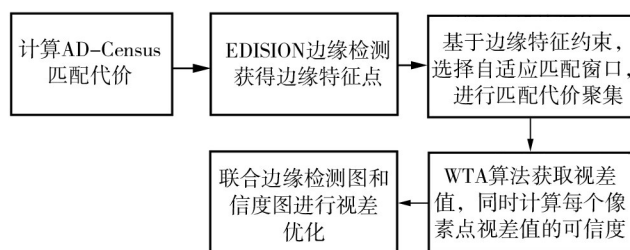


图1 立体匹配算法流程

Fig.1 Flowchart of stereo matching algorithm

1 基于边缘特征和可信度的立体匹配方法

1.1 匹配代价计算

针对使用AD测度函数度量图像弱纹理区域时区分度不大,以及Census测度函数主要统计中心像素周围纹理特征,无法利用图像的颜色特征信息等问题,文中选择区分性高的组合匹配代价函数AD-Census计算初始匹配代价,具体实施方法如下所述。

1) 计算参考图像中像素点 (x, y) 在不同视差 d 下的AD匹配代价 $C_{AD}(x, y, d)$,即取对应像素三通道差值的平均值,计算公式为:

$$C_{AD}(x, y, d) = \frac{1}{3} (|R_{L(x, y)} - R_{R(x, y, d)}| + |G_{L(x, y)} - G_{R(x, y, d)}| + |B_{L(x, y)} - B_{R(x, y, d)}|) \quad (1)$$

式中: $R_{L(x, y)}$ 中 $L(x, y)$ 为左视图中坐标为 (x, y) 的像素点, R 表示红通道的像素值;同理, $G_{R(x, y, d)}$ 表示右图像中坐标为 $(x+d, y)$ 像素点绿通道的像素值。

2) 计算灰度参考图像中像素点 (x, y) 在不同视差 d 下的Hamming距 $C_{Census}(x, y, d)$,计算公式为:

$$C_{Census}(x, y, d) = \sum_{(i, j) \in W} IC_L(x+i, y+j) \otimes IC_R(x+i+d, y+j) \quad (2)$$

式中: $\otimes$ 为异或运算符; W 为Census窗口的大小。Census原理是将包围中心像素的周边像素映射成一串比特串,如果周围像素灰度值大于中心像素值,则将该像素所在的位置设为1,否则设为0,最后从以 (x, y) 为中心的窗口的最左端开始按顺时针方向依次与以 $(x+d, y)$ 为中心的窗口的相应位置比较,求出窗口中不相同数值的个数。

3) 用组合匹配代价函数AD-Census计算匹配代

价 $C_{AD-Census}(x, y, d)$, 公式为:

$$C_{AD-Census}(x, y, d) = C_{Census}(x, y, d) + g(C_{AD}(x, y, d), T_{AD}) \quad (3)$$

式中: $C_{AD}(x, y, d)$ 和 $C_{Census}(x, y, d)$ 分别为步骤(1)和(2)中计算得到的匹配代价。由于 $C_{Census}(x, y, d)$ 的最大值与所选窗口大小 W 有关, 文中选择 W 为 5×5 的窗口, 因此 $C_{Census}(x, y, d)$ 的最大值为 24。而 $C_{AD}(x, y, d)$ 是三通道的平均值, 范围在 0~255 之间, 为了防止某个像素点(可能为噪点)在匹配代价聚集时对总体匹配代价影响过大, 文中采用 $g(C, T)$ 函数截断差异太大的 C 值。 $g(C, T)$ 函数为:

$$g(C, T) = \begin{cases} C, & C \leq T \\ T, & C > T \end{cases} \quad (4)$$

式中 T 为阈值。考虑到双目图从不同角度采集, 可能受到不同光照因素影响, 如果 T 设置过大, 则不会起到抑制作用; 如果 T 设置过小, 则像素间的区分性不高。针对 Middlebury 图像库的双目图, 文中经过大量实验发现, 将阈值 T 设为 32 时函数截断具有较好的效果。

1.2 基于边缘特征约束的自适应窗口选择及匹配代价聚集

在匹配代价聚集之前, 首先对参考图像进行边缘特征提取。由立体匹配的基本约束条件可知, 图像的边缘一般发生视差的突变, 因此文中算法提取边缘特征主要有 2 个作用, 即基于边缘特征约束, 获取自适应窗口和进行视差优化。考虑到边缘特征在算法中的作用, 文中选择嵌入置信度的边缘检测算法, 即 EDISON 算法^[17]。EDISON 算法是在 Canny 算法的基础上用梯度和置信度建立一个二维累计分布图。在非极大值抑制时, 利用经验累积分布代替梯度幅值, 使得在提取边缘特征的同时, 能够更好地保持边缘的连续性, 而且对噪声的抑制能力更强, 获得的边缘特征边界是单像素宽度, 更加符合文中算法边缘特征提取的要求。

基于窗口的匹配代价聚集原理是假设窗口中所有像素点的视差相同, 但是当窗口跨越不连续区域时, 窗口中各点的视差实际是不一致的, 从而造成聚集匹配代价的不可靠性。文中通过边缘特征约束, 自适应地选取合适形状和大小的匹配窗口。具体方法如下所述。

1) 首先判断中心像素点 (x, y) 是否为边缘特征

点, 如果 $Edge(x, y)=1$, 说明 (x, y) 点本身是边界点, 选取较小的匹配窗口就可获得可靠的聚集匹配代价, 即如果中心像素点为边缘特征点, 直接选取 5×5 的窗口作为匹配窗口。

2) 如果 $Edge(x, y)=0$, 即中心像素点 (x, y) 为非边缘特征点, 此时设置一个最大阈值 T , 以中心像素点为原点, 沿 x 轴分别向正方向和负方向增长窗口, 在 T 范围内, 直到第 1 次遇到 $Edge(x+i, y)=1$, 则停止增长, 同时记录 x 轴的边界, 否则边界达到 T , 则停止增长。采用同样的方法增长 y 轴方向的像素点, 最终得到像素点 (x, y) 的自适应匹配窗口。自适应窗口选择示例见图 2, 颜色较深的点为非边缘特征点, 颜色较浅的点为边缘特征点, P 为中心像素点且为非边缘特征点。按照步骤(2)获得的自适应匹配窗口为图 3 中红色线条框出的区域。

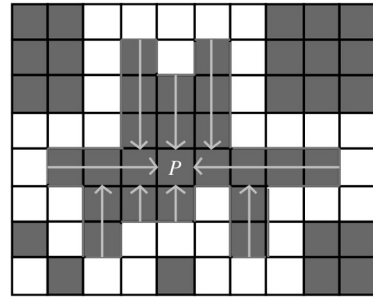


图2 自适应窗口获取示例

Fig.2 The sample graph of obtaining self-adaptive window

3) 对于每个像素点都采用步骤(1)或(2)的方法计算自适应窗口, 同时进行匹配代价聚集。为了加快运算速度, 当相邻的 2 个点都为非边缘特征点时, 当前计算的像素点的聚集匹配代价, 可以利用前一个像素点的聚集匹配代价, 只需简单计算最大阈值时的列像素信息, 保证每个像素点的自适应窗口大小都在阈值范围内。

具体匹配代价聚集时, 假设获得的自适应窗口为 S , (u, v) 分别代表匹配窗口 S 中的像素点, 则在视差 d 下, 以 (x, y) 为中心像素点的匹配代价聚集结果 $C_{S(x, y, d)}$ 的计算公式为:

$$C_{S(x, y, d)} = \sum_{(u, v) \in S} C_{AD-Census}(u, v, d) \quad (5)$$

1.3 视差及视差可信度计算

文中选择 WTA (Winner-take-all) 算法计算视差

值,即在视差范围(在视差计算之前,已确定视差图的最大视差和最小视差)约束内选取聚集匹配代价最小的点作为对应的匹配点,此时匹配点对应的视差即为所求的视差值。在使用WTA选取最小匹配代价时,同时记录次小匹配代价,通过最小匹配代价与次小匹配代价的比值,获得该像素视差值的可信度。文中定义可信度计算公式为:

$$Conf(x,y)=(1-C_{(x,y,d)min1}/C_{(x,y,d)min2}) \quad (6)$$

式中: $C_{(x,y,d)min1}$ 为最小匹配代价; $C_{(x,y,d)min2}$ 为次小匹配代价; $Conf(x,y)$ 为像素 (x,y) 视差值的可信度值, $Conf(x,y)$ 值越接近于1,该像素的视差可信度越高,反之,越接近于0,视差可信度越低,此时该视差值极可能为错误视差。通过对每个像素视差值可信度的计算,最终得到一幅与原图尺寸相同的信度图。

1.4 基于边缘特征和可信度的视差优化

在初始视差获取后,同时获得每个像素初始视差的可信度。为了进一步提高双目立体匹配的质量与精度,文中采取2步进行视差优化。

1) 左右一致性检验。如果检测出左视图与右视图对应点的视差相同,则对该点的可信度增加一个常量值 K ,否则该点的可信度降低相同的值。公式为:

$$Conf(x,y)=Conf'(x,y)+\Delta Conf(x,y) \quad (7)$$

式中: $Conf'(x,y)$ 为 (x,y) 点初始可信度; $Conf(x,y)$ 为经过左右一致性检验后的可信度,当满足左右一致性检验时,增加量 $\Delta Conf(x,y)$ 为 K ,否则为 $-K$ 。

对于检验出的左右不一致点,文中根据边缘检测图选择其在同一区域且视差值可信度最高的邻域像素点对其视差进行赋值。具体操作方法为:如果被检测点为边缘特征点,首先通过边缘检测图获得与该边缘特征点相邻的边缘特征点,其次通过可信度图在相邻特征点中选择其视差可信度最高的像素点 P ,并将 P 点的视差值赋给被检测点,同时将被检测点的可信度值重新计算为该点可信度值与 P 点可信度值的平均值。如果被检测点不是边缘特征点,则用同样方法修复视差值和可信度值。

2) 针对所有可信度值设置一个阈值 T_{conf} ,对于可信度小于阈值 T_{conf} 的像素点,或者是被检测点不是边缘特征点但出现视差跳跃,文中根据边缘检测图选在同一区域且视差值可信度大于阈值 T_{conf} 的邻域像素点的视差值计算平均值,并将其可信度值修改为

T_{conf} 。如果没有满足条件的邻域像素点,则对邻域像素点的视差值进行排序,取其中间值作为中心像素的视差值。

2 结果

文中实验均在硬件环境为Intel(R)Core(TM)2处理器,CPU主频为2.10 GHz,内存为2 GB,操作系统为Windows7下进行,编程工具为Visual Studio 2010。为验证文中算法的有效性,实验图像采用Meddlebury立体图像库提供的4对经典测试图Tsukuba, Venus, Teddy, Cones,这些图像满足外极限约束原理,且视差范围已知,其中文中算法中自适应窗口选择的相关参数设置为 x 轴搜索最大阈值 T_x 为25, y 轴搜索最大阈值 T_y 为15,可信度阈值 T_{conf} 为0.2,可信度常量值 K 为0.1。

图3是文中算法生成的结果,其中由左到右依次表示:a列表示参考图,b列表示真实视差值,c列表示EDISION边缘检测图,d列表示初始信度图(像素值映射到0~100后的图像),e列表示文中算法生成的视差图。从图3可知,文中算法获得的视差图分段较平滑,且边缘特征较好,接近于真实视差图。

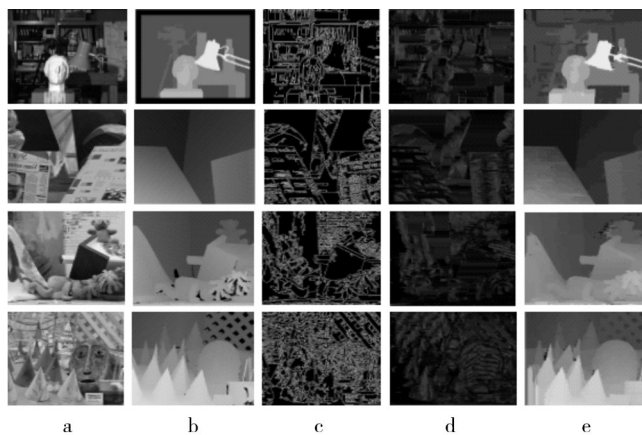


图3 实验的结果

Fig.3 Experimental results

文中算法和经典算法ConfSuppWin在Meddlebury平台下的定量测试结果(选择的误差阈值为2个像素),以及生成一幅视差图所需的时间见表1,其中ConfSuppWin算法同样利用了可信度,以及通过局部平面拟合获得精度较高的视差图。文中算法根据边缘特征约束获取自适应窗口,减少了算法的复杂度,虽然在精度上略逊于作为目前最优秀局部立体匹配

表1 不同算法误匹配像素率及匹配时间
Tab.1 Percentage of bad matching and running times of different algorithms

算法名称	Tsukuba		Venus		Teddy		Cones		平均 错误率
	总错误率	耗时/s	总错误率	耗时/s	总错误率	耗时/s	总错误率	耗时/s	
文中算法	2.76	1.2	0.43	1.4	11.8	3.5	8.96	3.2	6.12
ConfSuppWin算法	1.83	2.4	0.65	3.5	11.4	8.3	8.60	10.4	5.75

算法之一的 ConfSuppWin 算法,但在视差图生成效率方面,即使 ConfSuppWin 算法已经很快(ConfSuppWin 算法时间效率摘自文献[9],其中实验配置为 Intel 双核处理器,CPU 主频为 3.0 GHz,内存为 2 GB,硬件配置略高于文中实验配置),但文中算法在时间效率上更胜一筹。

3 结语

文中研究了一种基于边缘特征和可信度的立体匹配算法,通过选用区分性高的组合匹配代价,进行 EDISION 边缘特征提取,根据边缘特征约束获取自适应匹配窗口,以及利用边缘检测图和信度图对视差图进行联合优化,能够快速地进行立体匹配,最终获得精度较高的稠密视差图。结果表明,文中算法能够有效地降低弱纹理区、重复纹理区、视差不连续区以及遮挡等带来的误匹配问题,是一种速度和性能平衡较好的立体匹配算法。

参考文献:

[1] 彭滨. 3D 立体摄影[M]. 杭州:浙江摄影出版社,2013.
PENG Bin. 3D Stereo Photography[M]. Hangzhou: Zhejiang Photographic Press,2013.

[2] 史瑞芝. 光栅立体印刷技术综述[J]. 中国印刷与包装研究, 2009,5(1):1—9.
SHI Rui-zhi. Summary of Grating Stereoscopic Printing Technology[J]. China Printing and Packaging Study, 2009, 5(1): 1—9.

[3] 邹宇华,陈伟海,吴星明,等. 一种室外非理想光照条件下的立体匹配算法[J]. 机器人,2012,34(3):344—348.
ZOU Yu-hua, CHEN Wei-hai, WU Xing-ming, et al. A Stereo Matching Algorithm under Outdoor Unideal Illumination Condition[J]. Robot,2012,34(3):344—348.

[4] LEE Z, LU N, LOU X, et al. Local Disparity Estimation with Three-moded Cross Census and Advanced Support Weight[J]. IEEE Transactions on Multimedia,2013,15(8):1588.

[5] 李彬彬. 基于图像分割的置信传播立体匹配算法研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2011.
LI Bin-bin. Research of Stereo Matching Using Belief Propagation Based on Image Segmentation[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics,2011.

[6] WANG Wei, ZHANG Cai-ming, HU Xia, et al. Occlusion-aided Weights for Local Stereo Matching[C]// 2010 Seventh IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance,2010.

[7] 高宏伟. 计算机双目立体视觉[M]. 北京:电子工业出版社,2012.
GAO Hong-wei. Computer Based Binocular Vision[M]. Beijing:Publishing House of Electronics Industry,2012.

[8] 倪炜基,徐贵力,田裕鹏. 基于色彩分割和自适应窗口的快速立体匹配[J]. 仪器仪表学报,2011(1):1—2.
NI Wei-ji, XU Gui-li, TIAN Yu-peng. Fast Stereo Matching Based on Color Segmentation and Adaptive Window[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument,2011(1):1—2.

[9] 施陈博. 快速图像配准和高精度立体匹配算法研究[D]. 北京:清华大学,2011.
SHI Chen-bo. Research on Fast Image Registration and Accuracy Sub-pixel Stereo Match[D]. Beijing: Tsinghua University,2011.

[10] MEI Xing, SUN Xun, ZHOU Ming-cai, et al. On Building an Accurate Stereo Matching System on Graphics Hardware[C]// 2011 IEEE International Conference on Computer Vision Workshops,2011,13(6):467—474.

[11] 张晗玥. 基于 Census 变换的区域立体匹配算法研究[D]. 沈阳:辽宁大学,2013.
ZHANG Han-yue. Regional Stereo Matching Algorithm Census Transform[D]. Shenyang: Liaoning University,2013.

[12] KANADE T, OKUTOMI M. A Stereo Matching Algorithm with an Adaptive Window Theory and Experiment[C]// IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1994,16(9):920—933.

[13] FUSIELLO A, ROBERTO V, TRUCCO E. Efficient Stereo with Mutiple Windowing[C]// Proceedings of IEEE Computer (下转第 129 页)

- ogy, 2011.
- [5] HUANG Bei-qing. Study on Dryness and Printing Quality of Water-based Plastic Gravure Ink[J]. Green Printing and Packaging Materials, November, 2011, 380: 29—34.
- [6] 张令令. 塑料软包装彩印凹版印刷油墨的检测方法[J]. 塑料包装, 2013, 23(4): 41—43.
- ZHANG Ling-ling. Detection Method of Plastic Flexible Packaging Printing Gravure Printing Ink[J]. Plastic Packaging, 2013, 23(4): 41—43.
- [7] 陈跃涛. 塑料水性凹印油墨的研究[D]. 北京: 北京印刷学院, 2008.
- CHEN Yuet-ao. Study on Plastic Water-based Gravure Ink [D]. Beijing: Beijing Institute of Graphic Communication, 2008.
- [8] 辛秀兰. 水性油墨(第2版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.
- XIN Xiu-lan. Water-based Ink (The Second Edition) [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2012.
- [9] 孙加振, 魏先福. 影响塑料水性凹印油墨于燥性因素的研究[J]. 包装工程, 2010, 31(17): 118—121.
- SUN Jia-zhen, WEI Xian-fu. Study on the Influencing Factors of Dryness of Plastic Aqueous Gravure Ink[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(17): 118—121.
- [10] 钱俊, 刘恒. 胺化试剂对改善水性油墨粘度和pH稳定性的影响[J]. 包装工程, 2011, 32(3): 67—70.
- QIAN Jun, LIU Heng. Improvement of Viscosity and pH Stability of Water-based Ink by Amine Reagent[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(3): 67—70.
- [11] 贾春江, 陈广学. 水性油墨在凹版印刷中的应用研究[J]. 包装学报, 2011, 3(1): 32—35.
- JIA Chun-jiang, CHEN Guang-xue. Research on the Applying of Water-based Ink in Rotogravure Printing[J]. Packaging Journal, 2011, 3(1): 32—35.
- [12] 张方涛, 罗钟瑜, 修玉英. 聚氨酯缔合增稠剂增稠机理及增稠效果研究进展[J]. 合成材料老化与应用, 2009, 38(4): 19—22.
- ZHANG Fang-tao, LUO Zhong-yu, XIU Yu-ying. Research of Mechanism and Thickening Effect in Hydrophobe-modified Ethoxylated Urethane[J]. Synthetic Material Aging and Application, 2009, 38(4): 19—22.
- [13] 张松, 杨西江, 杨洵. 表面活性剂对水性油墨干燥速度的影响[J]. 辽宁化工, 2010, 39(3): 245—247.
- ZHANG Song, YANG Xi-jiang, YANG Xun. Effect of Surfactant on Drying Rate of the Water-based Printing Inks[J]. Liaoning Chemical Industry, 2010, 39(3): 245—247.
- [14] 朱国荣. 分散剂作用机理探讨[J]. 造纸化学品, 2001, 9(4): 22—23.
- ZHU Guo-rong. Discuss Dispersant Mechanism[J]. The Papermaking Chemicals, 2001, 9(4): 22—23.
- [15] GECOL H. Use of Surfactants to Remove Water-based Ink from Plastic Films[J]. Chemical Engineering, 2001, 189(1): 55—64.
- [16] CHANDRA P K, SHILPI N, KIRAN P A. Analysis of Gravure Ink: Its Adhesion Strength and Thermo-elastic Behavior[J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2011, 25: 16.
- [17] 杨丽珍, 郝燕萍, 周震. 助剂对水性UV固化丝网印刷塑料油墨附着力的影响[J]. 包装工程, 2009, 30(9): 32—34.
- YANG Li-zhen, HAO Yan-ping, ZHOU Zhen. Influence of Adhesion Promoter on Adhesion of the Water-based UV Curing Plastic Screen Printing Ink[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(9): 32—34.
- [18] 张彪, 胡更生, 李阳. 凹版水性油墨的制备及印刷适性分析[J]. 现代涂料与涂装, 2012, 15(1): 19—21.
- ZHANG Biao, HU Geng-sheng, LI Yang. Preparation and Printability Analysis of Intaglio Water-based Ink[J]. Modern Paint and Coating, 2012, 15(1): 19—21.

(上接第51页)

- Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1997, 1: 858—862.
- [14] YOON K J, KWEON I S. Adaptive Support-weight Approach for Correspondence search[J]. PAMI, 2006, 28(4): 650—656.
- [15] TOMBARI F, MATTOCCIA S, STEFANO L D. Segmentation-based Adaptive Support for Accurate Stereo Correspondence[C]// PSIVT, 2007: 427—431.
- [16] HU X Y, MORDOHAI P. Evaluation of Stereo Confidence Indoors and Outdoors[C]// Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2010: 1466—1473.
- [17] 江万寿. 航空影像多视匹配与规则建筑物自动提取方法研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2004.
- JIANG Wan-shou. Multiple Aerial Image Matching and Automatic Building Detection[D]. Wuhan: Wuhan University, 2004.