

一种基于mean shift的多通道图像分割算法

吴静静, 宋淑娟, 安伟, 周德强, 张洪

(江南大学, 无锡 214122)

摘要: **目的** 针对目标与背景对象的色彩值比较接近的RGB图像中, 目标对象难以有效分割的问题, 探索一种基于mean shift的RGB多通道图像的分割方法。 **方法** 根据RGB图像的3个通道对颜色的敏感性差异, 运用均值偏移算法对RGB图像的3个通道分层聚类, 再引入可靠性因子, 分别对3个单通道的各聚类像素进行可靠性计算, 并保留可靠性高的像素作为分割结果, 最后采用逻辑“或”运算融合单通道的分割结果, 得到最终分割图像。 **结果** 与一般分割算法相比, 该方法的分割效果好, 误分率低, 改善了图像的分割质量。 **结论** 该算法具有很好的推广性, 能够应用于彩色印品缺陷检测、彩色包装图像检测中。

关键词: 多通道; 均值偏移; 分割; 可靠性

中图分类号: TS865 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)21-0089-06

Mean Shift Method for Multi-channel Image Segmentation

WU Jing-jing, SONG Shu-juan, AN Wei, ZHOU De-qiang, ZHANG Hong

(Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

ABSTRACT: To overcome low efficiency of segmentation for multi-channel images when the color values of target region is similar to that of the background object, a multi-channel mean shift segmentation algorithm was proposed. The algorithm was achieved through mean shift algorithm for R, G, B three-channel hierarchical clustering in terms of the different sensitivity of R,G,B image to color. A reliability factor was introduced for separately evaluating the reliability of each pixel belonging to a cluster. Then the pixels of high reliability score were retained as the final segmentation results. Finally, a logical "OR" operation was used to fuse each single channel segmentation result to obtain the final result of image segmentation. The experimental results showed that compared to common segmentation algorithms, this algorithm could improve the segmentation results and improve the quality of the image segmentation. With the advantages of accuracy, the proposed algorithm was suitable for computer vision in defect detection of color printing and packaging image detection.

KEY WORDS: multi-channel; mean shift; segmentation; reliability

图像分割是指把1幅图像分成几个互不重叠的各具特征的区域,并提取出感兴趣的区域作为目标。图像分割是从图像处理到图像分析的关键步骤,图像分割结果的好坏直接影响后期的图像分析。图像分割技术最早应用在灰度图像上,灰度图像提供的信息比较单一。随着图像处理技术的应用越来越广泛,灰度图像的分割已经不能满足应用需要,尤其是在印品缺陷检测中,已经不能仅通过灰度图像检测印品的漏

白、油墨溅污、起皱、异物及拖尾等缺陷,彩色印刷中的色彩缺陷亟待通过彩色图像的视觉检测技术得到解决^[2-4]。而且,彩色图像能提供比灰度图像更多的信息,因此对彩色图像分割的研究越来越多。

当彩色图像中的目标与背景对象的灰度值比较接近时,对目标对象进行有效分割一直是难点问题。目前的彩色图像分割算法主要有直方图阈值法、边缘提取法、分水岭分割法及特征空间聚类分割法等^[5]。

收稿日期: 2014-12-31

基金项目: 国家自然科学基金(61305016); 江南大学自主科研计划青年基金(JUSRP1059)

作者简介: 吴静静(1982—),女,安徽滁州人,江南大学讲师,主要研究方向为信息融合与目标跟踪。

其中,最常用的是直方图阈值分割法^[6],广泛应用于灰度图像的分割。但是,当分割彩色图像时,只适用于有明显峰值的彩色图像,当图像的峰值不明显时,分割效果不好,容易出现较大的误差。边缘提取法^[7]在分割图像时,当区域对比明显时分割效果好,反之,较差。在分水岭分割方法^[8-9]中,当标记选取不当时会导致图像过分割。聚类分割算法是近年来研究得比较多的算法。而常用的聚类分割法如模糊C均值聚类^[10-11],存在一定的局限性。该算法要求先确定目标对象的分类数目以及聚类的初始中心,妨碍了目标对象分类的自动实现,分类数目不同、分类结果也不同,初始的聚类中心不同,聚类结果往往也不同,聚类结果缺乏必要的可靠性。

针对相关算法的不足,提出一种基于mean shift的RGB多通道图像分割算法。根据RGB图像的3通道对颜色的敏感性差异,运用mean shift算法分别作3个单通道图像的聚类,获得初步的聚类结果,再引入可靠性因子,分别对3个单通道各聚类像素的可靠性进行计算,即作灰度相似性判断,排除非目标区域,提高分割的精确度,获得经可靠性判断后的3个单通道进行逻辑“或”运算融合的结果,把此结果作为最终分割图像。

1 均值偏移算法基本原理

对于数字图像X的像素 x_i ,采用扩展形式的均值偏移算法, x 点的均值偏移向量 $M_h(x)$ 可定义为:

$$M_h(x) = \frac{\sum_{i=1}^n G\left(\frac{x_i - x}{h}\right) w(x_i) x_i}{\sum_{i=1}^n G\left(\frac{x_i - x}{h}\right) w(x_i)} \quad (1)$$

式中: G 为核函数; w 为权重。均值偏移向量的方向和核函数的概率密度梯度方向是一致的。Comaniciu已经证明,mean shift算法在满足一定条件下,一定可以收敛到最近的概率密度函数的稳态点^[12]。因此,沿着均值偏移向量的方向不断移动核函数的中心位置直至收敛,就找到了邻近模值点的位置。

在彩色图像分割中,均值偏移算法的特征空间通常包括二维的空间域和三维的值域。因此,在彩色图像分割中,均值偏移的核函数^[13]可定义为:

$$K_{h_s, h_r} = \frac{C}{h_s^2 h_r^3} k\left(\left|\frac{x^s}{h_s}\right|^2\right) k\left(\left|\frac{x^r}{h_r}\right|^2\right) \quad (2)$$

式中: x^s 为二维空间中的位置坐标; x^r 为三维值域中的三维彩色特征向量; h_s 为空域窗宽; h_r 为值域窗宽; C 为归一化常数。通过对图像各像素点运用均值

偏移算法,进行不断的偏移直至收敛就得到了各自的模式,即实现了对彩色图像像素点特征空间的聚类,从而获得分割图像。

2 基于mean shift的RGB多通道图像分割

色彩的3要素是红(R)、绿(G)、蓝(B),现代显示系统普遍都是彩色的。由于彩色图像的色彩种类有很多种,彩色图像本身不适合直接用作图像处理和图像分析。若把彩色图像转化为灰度图像进行分割,则对于目标对象与背景的灰度值比较接近的RGB图像,将无法准确分割出目标对象。并且,RGB图像的3通道对颜色的敏感性差异有很大不同,因此,提出了基于mean shift的RGB多通道图像的分割方法。用聚类中心聚类类别,分别对RGB图像的3个通道统计聚类区域,聚类后对每个通道的聚类像素及其聚类中心进行可靠性计算,即作灰度相似性判断,筛选出可靠性高的兴趣目标像素,并将目标像素赋值“1”,其他为“0”,从而产生分割后的图像逻辑矩阵。其可靠性计算的过程是通过引入可靠性因子 λ ,来评价目标像素与聚类中心灰度的距离而实现的。

$$\lambda = \left| \frac{Z - Z'}{Z'} \right| \quad (3)$$

式中: Z 为像素灰度; Z' 为聚类中心的像素灰度。即计算并判断像素与其聚类中心的欧氏距离是否小于等于阈值 δ ,筛选出可靠性高的目标像素。然后,对分割后的图像逻辑矩阵作逻辑“或”运算,融合得到最终的兴趣目标区域。

基于mean shift的多通道算法流程见图1,其算法步骤如下所述。

1) 输入RGB图像矩阵 $\mathbf{A}$, $\mathbf{A}$ 是 $n \times m$ 阶的3维数组,其行规模是 m 、列规模是 n , $\mathbf{A}=\{a_i | i=1, 2, 3\}$, i 为1, 2, 3分别表示图像的R, G, B通道。

2) 统计图像矩阵中的像素值 D_{Data} ,统计mean shift聚类样本数($0 \leq D_{\text{Data}} \leq 255$,图像的灰度值区间)。

3) 运用mean shift均值偏移算法,可将输入的数据集 D_{Data} 聚为 m 类,输出聚类的 m 个中心点。

4) 设矩阵 $\mathbf{A}=\{a_i | i=1, 2, 3\}$ 中的元素值为 $X_{n,m}$,查找相应的满足 $|X_{n,m} - [X_i | P_1 < X_i < P_2]| < \varepsilon$ 的像素,并标为 $X'_{n,m}$ 。其中, ε 无限趋近于0, i 是各个单通道像素的总数; $P_1 < X_i < P_2$,是根据先验知识得到的兴趣目标区域的像素值范围。

5) 查找 $X'_{n,m}$ 的某个聚类中心 C_m ,其灰度值用 C_i 表示。

- 6) 判断 $|X'_{n,m}-C_r|\leq \delta$ 是否成立,并通过可靠性因子 λ 筛选出可靠性高的兴趣目标像素 $Y_{n,m}$,并将 $Y_{n,m}$ 赋值“1”,其他为“0”,从而产生分割后的图像逻辑矩阵 b_1, b_2, b_3 。
- 7) 对得到的图像逻辑矩阵 b_1, b_2, b_3 作逻辑“或”运算,融合得到最终的兴趣目标区域,其矩阵用 b_0 表示。
- 8) 输出图像 B ,即为分割获得的兴趣目标区域图像。

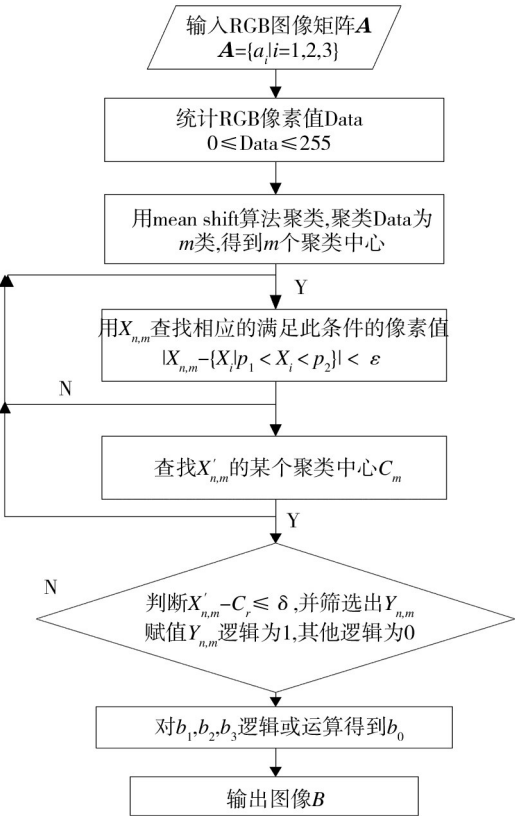


图1 算法流程
Fig.1 Algorithm flow chart

3 实验及结果分析

卫星云图中的沙漠、冰川等区域与云团的色彩值比较接近。同样,在包装印刷品拖尾类缺陷图像中,拖尾区域与背景的色彩值也比较接近,因此,将该算法应用于云团区域和拖尾区域的分割。所采用的实验图片见图2,其中,卫星云图选用2014年05月22日12:30分(北京时间)的卫星云图。包装印刷品拖尾缺陷图^[14]来源中印印刷网,其中,拖尾缺陷用黑色的边框框起来。3通道各自的聚类结果及最后的分割结果见图3—6。当 $h_s=12, h_r=12$ 时,可靠性因子的对比实验结果见图7。

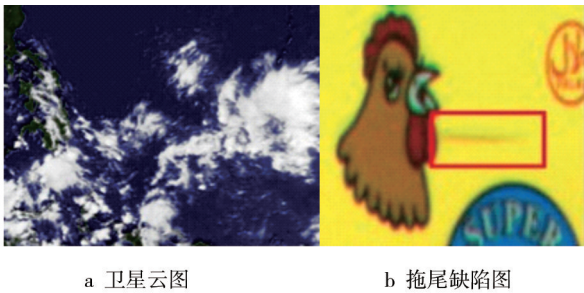


图2 实验图片
Fig.2 Pictures of experiments

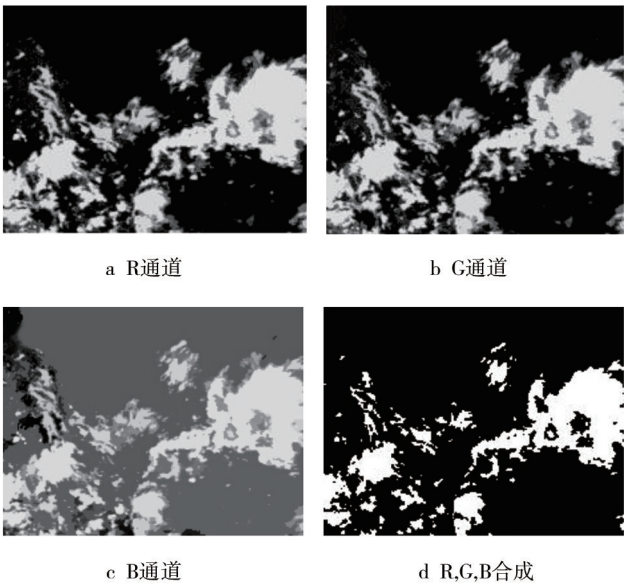


图3 h_s, h_r 均为12时卫星云图的3通道聚类结果
Fig.3 The clustering results of three channels for satellite image at $h_s=12, h_r=12$

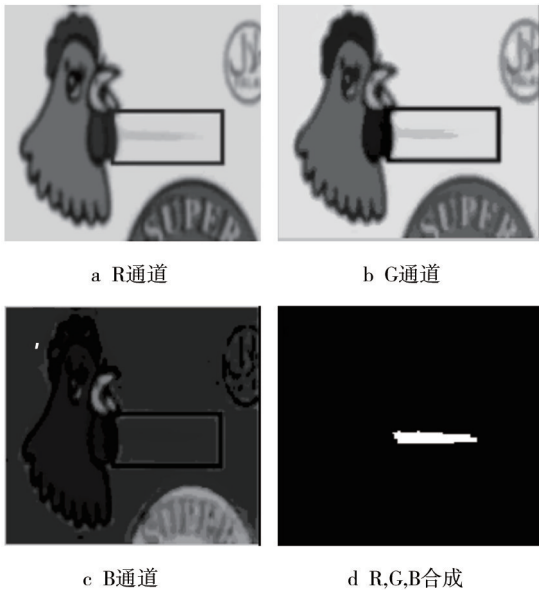


图4 h_s, h_r 均为12时拖尾缺陷图的3通道聚类结果
Fig.4 The clustering results of three channels for streak defect im-
age at $h_s=12, h_r=12$

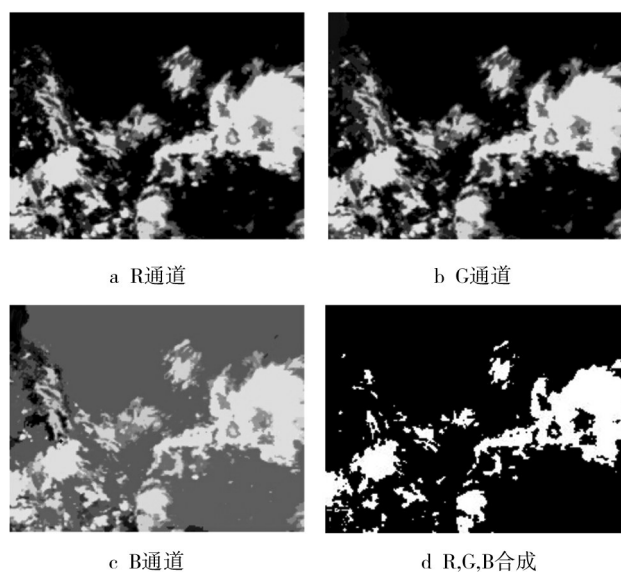


图5 h_s 为6, h_t 为12时卫星云图的3通道聚类结果

Fig.5 The clustering results of three channels for satellite image at $h_s=6, h_t=12$

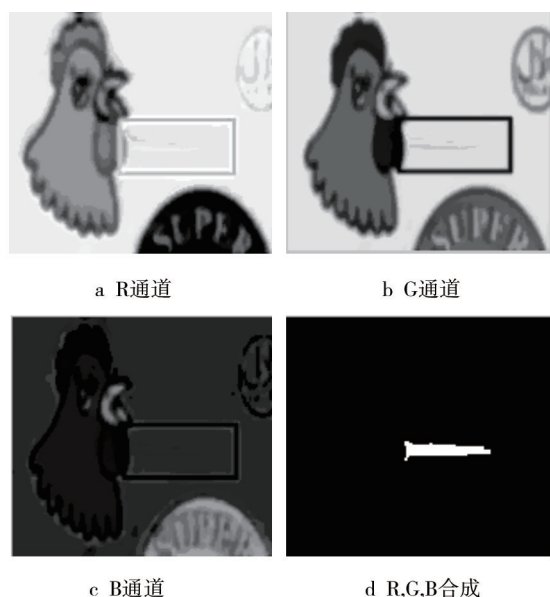


图6 h_s 为6, h_t 为12时拖尾缺陷图的3通道聚类结果

Fig.6 The clustering results of three channels for streak defect image at $h_s=6, h_t=12$

根据 mean shift 分割算法,采用不同的 h_s 和 h_t ,分割的效果也不尽相同。利用下述图像分割评价方法,对云团的分割结果和拖尾缺陷的分割结果作分割评价,其误分率^[15-16]为:

$$\text{误分率} = \left| \frac{M_i - N_i}{N} \right| \times 100\% \quad (4)$$

式中: i 为区域编号; M 为手动标准分割目标区域的像素数; N 为算法进行目标区域分割的像素数。

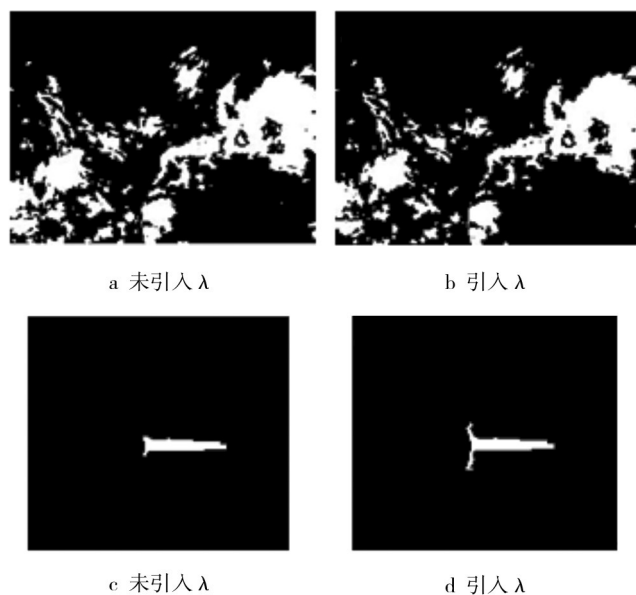


图7 可靠性因子的对比实验结果

Fig.7 Results of the comparison experiment of reliability factor

由于得到的云团区域数目较多,且偏小,故选择云团区1,2,3,4进行分割评价,见图8。云团分割结果对比见表1,其像素统计是在图像大小为226像素×173像素的情况下统计的。拖尾缺陷区域只有1个,因此,只对拖尾缺陷区域进行分割评价,其像素统计是在163像素×146像素的情况下统计的。手动标准分割拖尾区域的像素数为400, $h_s=6, h_t=12$ 时分割拖尾区域的像素数为391; $h_s=12, h_t=12$ 时分割拖尾区域的像素数为380; $h_s=12, h_t=12$ 未引入可靠性因子时分割的像素数为368。

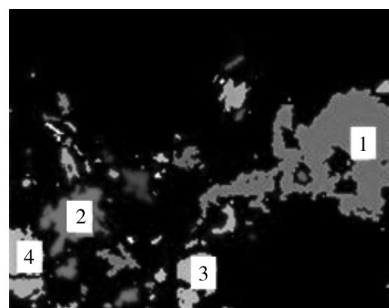


图8 云团区域

Fig.8 Cloud regions

由误分率定义,计算可得当 $h_s=6, h_t=12$ 时,云团区域1,2,3,4及拖尾缺陷区域的误分率分别为0.597%,0.095%,0.013%,0.2250%。当 $h_s=12, h_t=12$ 时,云团区域1,2,3,4及拖尾缺陷区域的误分率分别为1.575%,0,0,0.298%,5.000%。当 $h_s=12, h_t=12$ 时,未引入可靠性因子的误分率分别为4.249%,0.488%,1.113%,

表 1 云团分割结果对比
Tab.1 The comparison of cloud segmentation results

方法	总像素				
	云团 1	云团 2	云团 3	云团 4	云团 5
手动标准分割	7366	3887	782	345	482
$h_s=6, h_r=12$	7089	3931	789	346	479
$h_s=12, h_r=12$	7709	4003	785	349	504
$h_s=12, h_r=12$ 未引入 λ	8253	4200	818	427	546

0.869%,8.000%。因拖尾缺陷的区域小,且只有 1 个区域,所包括的像素数少,拖尾缺陷的误分率比云团的要大一些。

由上述误分率,并对比图 3—7 的实验结果可以看出,引入可靠性因子的基于 mean shift 的多通道图像分割算法,分割得到的目标总像素值更接近于手动标准分割的目标总像素值;并且该算法 2 组参数下的误分率都较低,且明显低于未引入可靠性因子算法的误分率。实验结果显示,该算法对于目标区域的分割提取有较好的分割结果,云团完全分离于与其色彩值相近的沙漠、冰川,拖尾缺陷完全从印品图像中分割出来,并且误分率低,分割结果更加准确可靠。与一般 mean shift 聚类算法的分割相比,该算法从对彩色图像的 3 通道分层聚类 and 引入可靠性因子等 2 方面改善了分割结果。通过分层聚类可以有效地解决目标与背景色彩值接近的图像分割问题;通过引入可靠性因子,即分别对 3 个单通道的各聚类像素进行可靠性计算,并保留可靠性高的像素作为分割结果,可以提高分割的可靠性,消除非目标像素即噪声像素的干扰,因此,该算法更适用于目标对象与背景对象的色彩值比较接近的 RGB 图像中的目标对象分割。

4 结语

针对目标对象与背景对象的色彩值比较接近的 RGB 图像中,目标对象难以有效分割的问题,提出了一种基于 mean shift 的 RGB 多通道图像的分割方法,并将其应用于卫星云图和包装印刷品的分割。此外,为保证分割结果的可靠性,引入了可靠性因子,对聚类后每个通道的聚类像素进行可靠性计算,即作灰度相似性判断,从而保证分割结果的可靠性。实验对不同参数该算法的目标对象分割结果和手动标准分割目标区域的结果,以及未引入可靠性因子的目标分割结果进行了比较。实验结果表明:该算法的分割效果好,误分率低,改善了图像的分割质量。该方法充分

利用 RGB 图像的色彩信息,对于目标对象的色彩值与背景比较接近的 RGB 图像,能够有效地分割出目标对象,并且在聚类过程中无须先指定聚类的数目,目标对象的聚类过程是自动实现的。

参考文献:

[1] 刘毅,黄兵,孙怀江. 利用视觉显著性与图割的图像分割算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2013, 25(3): 402—409.
LIU Yi, HUANG Bing, SUN Huai-jiang. Image Segmentation Based on Visual Saliency and Graph Cuts[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2013, 25(3): 402—409.
[2] 于惠钧,吴婉,成运. 改进 Otsu 算法在铝塑泡罩药品包装缺陷检测中的应用[J]. 包装工程, 2014, 35(15): 15—18.
YU Hui-jun, WU Wan, CHENG Yun. Application of Improved Otsu Algorithm in the Defect Detection of Aluminium-plastic Blister Drugs[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(15): 15—18.
[3] 申静. 基于人眼对比度敏感视觉特性的彩色图像水印技术研究[J]. 包装工程, 2014, 35(3): 78—83.
SHEN Jing. Color Image Watermark Technology Based on Contrast Sensitivity of Human Vision System[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(3): 78—83.
[4] 孙小鹏,孔玲君. 基于图像处理的数字印刷线条质量检测方法研究[J]. 包装工程, 2013, 34(7): 84—89.
SUN Xiao-peng, KONG Ling-jun. Research on Measurement Method of Digital Printed Line Quality Based on Image Processing[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(7): 84—89.
[5] 林开颜,吴军辉,徐立鸿. 彩色图像分割方法综述[J]. 中国图象图形学报, 2005, 10(1): 1—10.
LIN Kaiyan, WU Jun-hui, XU Li-hong. A Survey on Color Image Segmentation Techniques[J]. Journal of Image Graphics, 2005, 10(1): 1—10.
[6] 柴江松,王琪,刘洪豪. 印刷网点微观图像阈值分割算法研究[J]. 包装工程, 2015, 36(13): 115—121.
CHAI Jiang-song, WANG Qi, LIU Hong-hao. Threshold Segmentation Algorithm for Printing Dot Microscopic Image[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(13): 115—121.
[7] 胡大辉. 边缘检测算法在污损条码识别中的应用研究[J]. 包装工程, 2013, 34(3): 104—108.
HU Da-hui. Application Research of Edge Detection Algorithm in Defected Barcode Recognition[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(3): 104—108.
[8] ZHANG X Y, CHEN L C, PAN L H, et al. Study on the Image Segmentation Based on ICA and Watershed Algorithm[C]// Fifth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation(ICICTA), 2012: 505—508.

- [9] JI Q H, SHI R G. A Novel Method of Image Segmentation Using Watershed Transformation[C]// International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT), 2011: 1590—1594.
- [10] 李秀馨, 王敬东, 徐烨晔, 等. 基于改进FCM算法的卫星云图聚类方法研究[J]. 红外技术, 2013, 35(3): 150—154.
LI Xiu-xin, WANG Jing-dong, XU Ye-ye, et al. Satellite Image Clustering Research Based on Improved FCM Algorithm [J]. Infrared Technology, 2013, 35(3): 150—154.
- [11] 陈阳. 拓扑梯度耦合FCMC的全自动图像修复优化算法[J]. 包装工程, 2014, 35(21): 96—103.
CHEN Yang. The Automatic Image Inpainting Optimization Algorithm Based on Topological Gradient Coupled FCM[C]. Packaging Engineering, 2014, 35(21): 96—103.
- [12] COMANICIU D, MEER P. Mean Shift Analysis and Applications[J]. IEEE Seventh International Conference on Computer Vision, 1999, 2(2): 1197—1203.
- [13] CHENG Y Z. Mean Shift, Mode Seeking, and Clustering[J]. IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1995, 17(8): 790—799.
- [14] 北京凌云光技术有限责任公司. 基于凌云PackRoll视觉系统实现卷筒包装100%印品质量检测[EB/OL]. [2015-04]. <http://shop.eprint.cn/>.
BEI JING LUSTER LightTech Limited company. Application of Machine Vision Technology in Detection of Print Quality realized by reel packaging[EB/OL] [2015-04]. <http://shop.eprint.cn/>.
- [15] GEORGE E M, JOAO CAMARGO N. Verification of Color Vegetation Indices for Automated Crop Imaging Applications [J]. Computer and Electronics in Agriculture, 2008, 63(2): 282—293.
- [16] 刘国栋, 陈艳, 陈永常. 图像噪声对印刷墨斑评价的影响[J]. 包装工程, 2014, 35(11): 105—108.
LIU Guo-dong, CHEN Yan, CHENG Yong-chang. Effect of Image Noise on Evaluation of Print Mottle[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(11): 105—108.

(上接第88页)

- 学学报, 2007, 28(2): 35—41.
YANG De-rong, YANG Chao. Three Dimensional Layout Using the One-way Optimization Search Method[J]. Journal of Engineering Graphics, 2007, 28(2): 35—41.
- [8] 张铮. 数字图像处理与机器视觉[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2012.
ZHANG Zheng. Digital Image Processing and Machine Vision [M]. Beijing: People's Posts and Telecommunications Publishing House, 2012.
- [9] 王福生, 齐国清. 二值图像中目标物体轮廓的边界跟踪算法[J]. 大连海事大学学报, 2006, 32(1): 62—64.
WANG Fu-sheng, QI Guo-qing. The Boundary of the Target Object in the Binary Image Contour Tracking Algorithm[J]. Journal of Dalian Maritime University, 2006, 32(1): 62—64.
- [10] 蔡叶蓄, 彭涛, 何静, 等. 机器视觉在包装检测过程中的应用研究[J]. 包装工程, 2003, 24(2): 45—48.
CAI Ye-lei, PENG Tao, HE Jing, et al. The Application of Machine Vision in the Packaging Process[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(2): 45—48.
- [11] 姚峰林, 詹海英, 李元宗. 机器视觉中的边缘检测技术研究[J]. 机械工程与自化, 2005, 1(1): 108—110.
YAO Feng-lin, ZHAN Hai-ying, LI Yuan-zong. Research on Edge Detection Technology in Machine Vision[J]. Mechanical Engineering and Since, 2005, 1(1): 108—110.
- [12] 范兆周, 孟月. 机器视觉在封装设备中的应用[J]. 包装工程, 2007, 28(9): 1—4.
FAN Zhao-zhou, MENG Yue. Application of Machine Vision in the Packaging Equipment[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(9): 1—4.
- [13] 房超. 机器视觉及其在工业检测中的应用[J]. 自动化博览, 2007, 25(4): 46—48.
FANG Chao. Machine Vision and Its Application in Industrial Detection[J]. Automation Expo, 2007, 25(4): 46—48.
- [14] 王健. 机器视觉系统在现代包装行业中的应用[J]. 包装与食品机械, 2004, 22(5): 46—49.
WANG Jian. The Application of Machine Vision System in Modern Packaging Industry[J]. Packaging and Food Machinery, 2004, 22(5): 46—49.
- [15] 孙慧. 图像处理中边缘检测技术的研究[J]. 电脑开发与应用, 2002, 15(10): 7—9.
SUN Hui. Edge Detection in Image Processing Technology Research[J]. Computer Development and Application, 2002, 15(10): 7—9.