

文章编号:1001-9081(2010)01-0029-02

## 多标号图像分割及其应用

丁亚军<sup>1</sup>,徐大宏<sup>2</sup>

(1. 湖南师范大学 图像识别与计算机视觉研究所,长沙 410081; 2. 湖南师范大学 数学与计算机科学学院,长沙 410081)

(yajunding@126.com)

**摘要:**介绍了一种基于多标号的半自动化图像分割方法。在分割过程中,首先依据高斯权值函数,针对待处理图像建立一个加权图;然后在原始图像中分别标记出属于不同目标区域的像素点;之后,任意选择图像中没有被标号的像素点为作起点,依据所创建的加权图进行随机游走,计算出从当前出发点游走至各个标记像素的概率。通过这种方法,针对图像中未被标号的像素,可以获得一个概率分布图,其中每个概率分布表示未标号像素随机游走到各个标记像素的概率,取概率最大的标记像素作为其所属目标,则可得得到一个高质量的分割图像。

**关键词:**半自动化;图像分割;随机游走;多标号

**中图分类号:** TP391.4 **文献标志码:** A

## Application of multi-label image segmentation

DING Ya-jun<sup>1</sup>, XU Da-hong<sup>2</sup>

(1. Institute of Image Recognition and Computer Vision, Hunan Normal University, Changsha Hunan 410081, China;

2. College of mathematics and Computer Science, Hunan Normal University, Changsha Hunan 410081, China)

**Abstract:** A new approach of semi-automated image segmentation based on multi-label pixel was presented. First, a weighted graph of un-processing image was defined by Gaussian weighting function. Second, the pixels of different goal region were labeled differently in source image. An un-labeled pixel was randomly selected as the starting point. Then, random walking started from this location according to the defined weighted graph, calculating the probability from the start point to each pre-labeled pixels. A probability graph toward each unlabeled pixel was obtained, which represented all probabilities that each unlabeled pixel randomly reached each of pre-labeled pixels. The greatest probability was taken as its objective, therefore, a high-quality image segmentation could be obtained.

**Key words:** semi-automation; image segmentation; random walker; multi-label

### 0 引言

图像分割几乎出现在有关图像处理的所有领域,涉及各种类型的图像,其应用非常广泛。从人工参与程度的角度来看,图像分割方法可分为交互式、弱交互式(半自动)和全自动三种类型。交互式分割是完全通过用户交互操作,勾画出目标区域的轮廓,受主观因素影响严重<sup>[1]</sup>。文献[2]所提出的 Live Wire 方法,只需用户作简单的操作,用户的输入仅仅是缩小算法的搜索空间,最终的分割结果,受用户输入影响较小,这是弱交互图像分割算法的典型实例。文献[3]中针对多标号图像分割,采用自动分割方法,将图像聚类成  $K$  个类,不需人工干预,操作方便,但受到应用场合的约束。

本文介绍了一种能实现弱交互式的图像分割算法,在图像中预先设定  $K$  类标号像素,对每个未标号的像素,以其作为随机游走的起始点,分别计算其到达  $K$  类标号像素的概率,这样针对每个未标号像素,获得一个概率分布图,该概率分布描述每个未标号像素可以随机游走到各类标号像素的概率。利用最大概率原理来选择所处理的未标号像素该到达的标号像素类别,即该未标号像素所属的类别,每个未标号像素都被划分到  $K$  类中的某一类,形成最终的分割图像。该方法在随机游走过程中利用图像的梯度信息,可确保图像分割的质量。

### 1 算法描述

本文针对待处理图像创建一个加权图,图中节点对应图像中所有像素,图中的边权值如 1.1 节所述。在图中选定未标号像素作为随机游走的起始点,图中边的权值表示从一个图节点到达与之相邻的另一节点的概率,其原理如图 1 所示。文献[4-5]已提出,从一个未标号像素处开始随机游走,到达一个标号像素的概率值的计算过程,等效于 Dirichlet 问题的求解。为了实现图像分割,在所创建图的基础之上建立相应方程,求解方程即可。

本文所创建的图  $G = (V, E)$  中有以下一些标识符号:节点的顶点  $v \in V$ , 边  $e \in E \subseteq V \times V$ ,  $v_i$  和  $v_j$  表示通过边  $e_{ij}$  相连的两个顶点,每条边的权值由  $w(e_{ij})$  或  $w_{ij}$  表示,一个顶点的度为  $d_i = \sum w(e_{ij})$ , 本文要求所创建的图是连通图。

#### 1.1 边权值

为了描述在图像上实现随机游走的概率,有必要定义一个函数,将图像灰度值的变化映射成图的边权值。目前有很多研究者提出了不同的权值计算函数<sup>[6-7]</sup>,在文献[3]中提出了最大化权值的熵的函数。根据实验,选择高斯权值函数,其定义如下:

$$w_{ij} = \exp(-\beta(g_i - g_j)^2) \quad (1)$$

收稿日期:2009-07-02;修回日期:2009-08-18。 基金项目:湖南省教育厅项目(计 090552)。

作者简介:丁亚军(1971-),男,湖南岳阳人,博士研究生,主要研究方向:数字图像处理; 徐大宏(1971-),男,湖南岳阳人,副教授,主要研究方向:数据通信、图像处理。

式中:  $g_i$  是像素  $i$  的灰度值;  $\beta$  是整个算法中的自由参数。

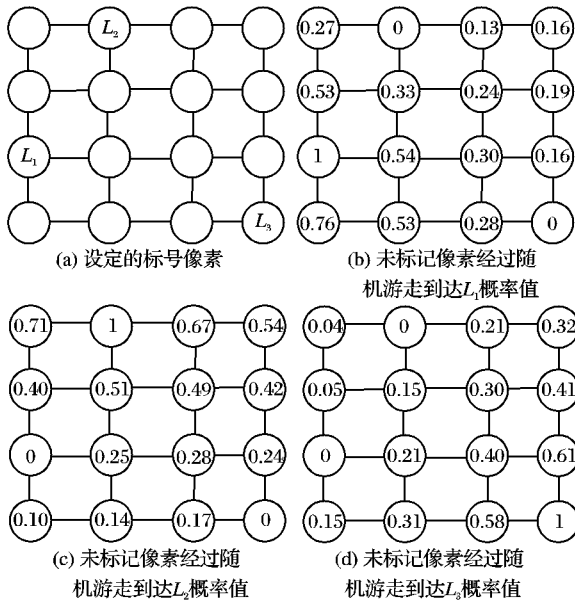


图1 随机游走实现图像分割算法原理

### 1.2 离散 Dirichlet 问题

离散 Dirichlet 问题在文献[6]中已有比较全面的讨论, 文献[8]给出了与本文算法相关的一个求解形式。按式(1)定义离散拉普拉斯矩阵  $L$ :

$$L_{v_i v_j} = \begin{cases} d_{v_i}, & i = j \\ -w_{ij}, & v_i \text{ 与 } v_j \text{ 为相邻节点} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中,  $L_{v_i v_j}$  是矩阵  $L$  的第  $(v_i, v_j)$  个元素。

把顶点分为两个子集,  $V_M$  表示已标号像素所对应的图顶点,  $V_U$  表示未标号像素所对应的图顶点, 且  $V_M \cup V_U = V$  及  $V_M \cap V_U = \emptyset$ 。  $V_M$  中包含所有标号像素, 不考虑其他标号值, 按照两个子集的划分, 可以针对不同子集来重新排列矩阵  $L$ , 新矩阵  $L$  的形式为:

$$L = \begin{bmatrix} L_M & B \\ B^T & L_U \end{bmatrix} \quad (3)$$

每个顶点  $v_i$  到达标号集  $S$  中的各个标号  $s$  的概率记为  $x_i^s$ , 对于每个标号像素定义一个函数  $Q(v_j) = s, \forall v_j \in V_M$ , 其中  $s \in \mathbf{Z}, 0 < s \leq K$ 。为每个标号像素所表示的图顶点  $v_j \in V_M$  定义一个  $|V_M| \times 1$  矢量:

$$m_j^s = \begin{cases} 1, & Q(v_j) = s \\ 0, & Q(v_j) \neq s \end{cases} \quad (4)$$

文献[8]中提出 Dirichlet 问题的求解可通过式(5)完成。

$$L_U x^s = -B m^s \quad (5)$$

式(5)是一个稀疏对称正定的线性系统, 由于  $L_U$  保证对于一个连接图是非奇异的<sup>[8]</sup>, 可以确保解  $x^s$  的唯一存在, 则对所有未标号的像素都能通过式(6)来解线性系统求得其标号值。

$$L_U X = B M \quad (6)$$

式中  $X$  的列即为各个  $x^s$ ,  $M$  的列即为各个  $m^s$ , 因此, 有  $K-1$  个稀疏线性系统需要求解,  $K$  为标号类别总数。

### 2.3 算法流程

本文所给出弱交互式图像分割的算法步骤如下:

- 1) 获取  $K$  类标号像素集  $V_M$ , 该过程由人工交互完成;
- 2) 利用式(1) 创建相应的加权图;

3) 通过式(6) 或式(5) 可解出从某一起始点随机游走到至某类标号的概率, 并设  $x_i^f = 1 - \sum_{s \neq f} x_i^s$ 。

4) 赋值给每个节点  $v_i$ , 获得最后的分割, 标记相应于  $\max_s(x_i^s)$ 。

## 3 实验结果与分析

为了验证本文方法的有效性, 在 Matlab7.0 环境下, 采用本文方法和 Rother 提出的基于图割方法的半交互式的图像分割算法<sup>[9]</sup> 对 2 幅图像进行分割及边缘检测的仿真实验。

本文算法属于半交互式分割方法, 需要人工简单指定图像中目标与背景区域, 本实验过程中先在画图软件内对 2 幅图像(如图 2(a), 图 3(a) 所示) 随机标定目标和背景区域(如图 2(e)、图 3(e) 所示), 分割结果如图 2(f)、图 3(f) 所示, 边缘检测结果如图 2(g)、图 3(g) 所示。Rother 提出的基于图割方法的半交互式的图像分割算法在标定目标区时是采用矩形框大致确定目标区域(如图 2(b)、图 3(b) 所示), 分割结果如图 2(c)、图 3(c) 所示, 边缘检测结果如图 2(d)、图 3(d) 所示。从分割的目标区域来看, 本文方法分割出的目标区域的精确程度高, 基于图割方法的半交互式的图像分割方法获得的目标区域误差较大, 在标定的矩形框内的背景有一部分被误判为目标区域, 如图 2(c) 所示, 在标定的矩形框外的目标区域有一部分被误判为背景区域, 如图 3(c) 所示。

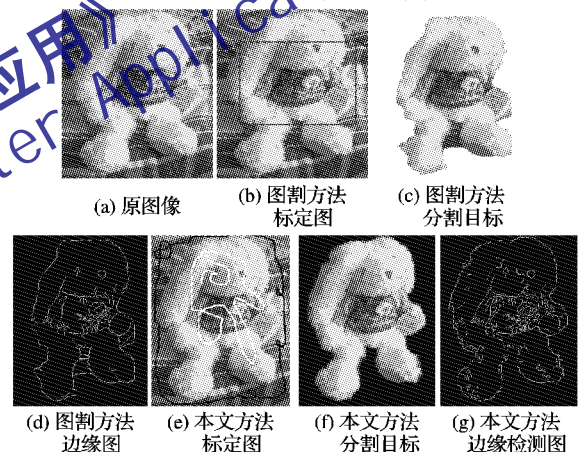


图2 实例1

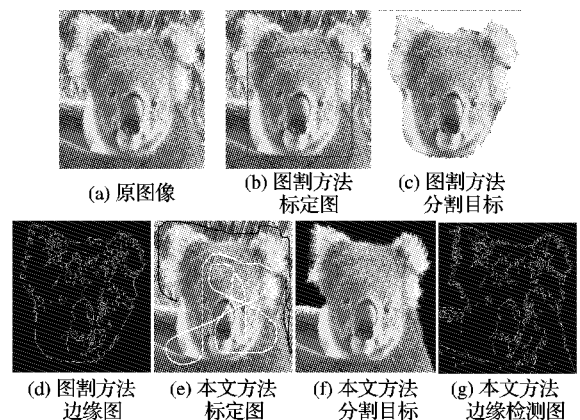


图3 实例2

从边缘检测结果来看, 本文方法能够获取较精细的边缘, 图像边缘逼真度高, Rother 提出的基于图割方法的半交互式的图像分割方法得到的图像检测到的边缘较平滑, 模糊了图像本身的一部分细节。从实例 1 和实例 2 中可以看出, 本文方法分割得到的目标区域保持了很好的完整性, 尤其是图像

(下转第 35 页)

于  $m$  的选取与计算量成正比,当取模式噪声 5% 的元素个数

时,计算量大约只有使用全体元素检测时所需计算量的 5%。

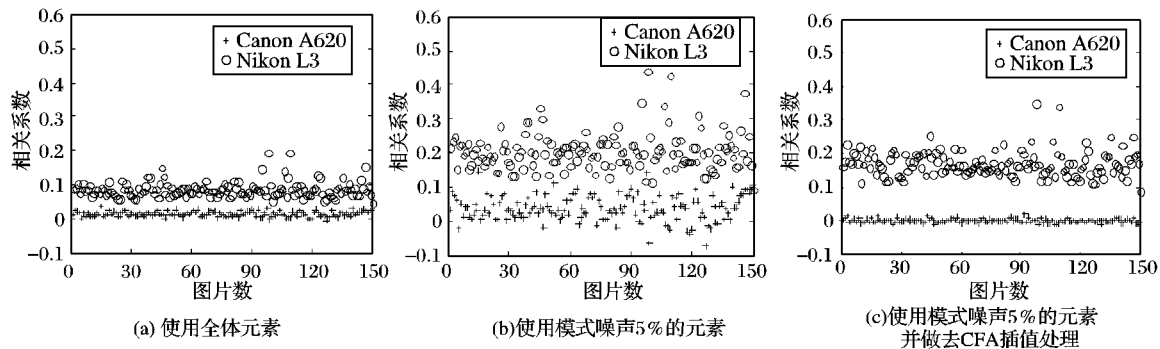


图7 参考模式噪声对应于 Nikon L3 时,对 Canon A620 与 Nikon L3 检测的结果

### 3 结语

目前国内有关数字图像取证的工作主要集中在图像的篡改识别和真实性鉴定方面,尽管国外有关相机源辨识的工作已取得不少初步成果,但这方面的工作在国内公开文献中鲜有报道。本文提出了一种利用模式噪声主分量信息对数码照片进行来源辨识的新方法,其主要贡献有两点:第一,仅挑选成像传感器模式噪声中部分大的元素用于相关性检测,使检测器获取更好的数据分辨能力,同时减小计算量;第二,利用图像内容自适应的去噪滤波器以及去 CFA 插值处理进一步提高检测器的性能。实验结果表明,与文献[2]中同类算法相比,本文算法明显地提高了相关性检测器的数据分辨能力,并大大减小了计算量。

#### 参考文献:

- [1] LUKAS J, FRIDRICH J, GOLJAN M. Digital "bullet scratches" for images[C]// Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing, Genoa, Italy: IEEE, 2005: 65-68.
- [2] LUKAS J, FRIDRICH J, GOLJAN M. Digital camera identification from sensor pattern noise[J]. IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 2006, 1(2): 205-214.
- [3] CHEN M, FRIDRICH J, GOLJAN M, *et al.* Determining image origin and integrity using sensor noise[J]. IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 2008, 3(1): 74-90.
- [4] ALLES E J, GERANTS Z J M H, VEENMAN C J. Source camera identification for low resolution heavily compressed images[C]// Proceedings of IEEE International Conference on Computational Sciences and its Applications. Perugia, Italy: IEEE, 2008: 557-567.
- [5] KHARRAZI M, SENCAR H T, MEMON N. Blind source camera identification[C]// Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing. New York: IEEE, 2004: 709-712.
- [6] CELIKTUTAN O, SANKUR B, AVCIBAS I. Blind identification of source cell-phone model[J]. IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 2008, 3(3): 553-566.
- [7] KHANNA N, CHIU G, ALLEPACH J P, *et al.* Forensic techniques for classifying scanner, computer generated and digital images[C]// Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. Las Vegas: IEEE, 2008: 1653-1656.
- [8] GOU H, SWAMINATHAN A, WU M. Robust scanner identification based on noise features[EB/OL]. [2009-04-20]. <http://www.ece.umd.edu/~ashwins/pdf/SPIE07b.pdf>.
- [9] SWAMINATHAN A, WU M, LIU K J R. Digital image forensics via intrinsic fingerprints[J]. IEEE Transactions Information Forensics and Security, 2008, 3(1): 101-117.
- [10] CHANG S G, YU B, VETTERLI M. Spatially adaptive wavelet thresholding with context modeling for image denoising[J]. IEEE Transactions on Imaging Processing, 2000, 9(9): 1522-1531.
- [11] GONZALEZ R C, WOODS R E, EDDINS S L. 数字图像处理: Matlab 版[M]. 阮秋琦, 译. 北京: 电子工业出版社, 2005.

(上接第 30 页)

的细节和边缘部分相当逼真,具有较强的鲁棒性。

### 4 结语

本文提出了一个基于预标号像素的普通图像分割的新颖算法。选择少量像素作为标号,可以快速分析并决定在任意没有标号的像素处开始随机游走,并计算出游走至各个标号像素的概率。预标号像素能够针对一个特殊目的自动产生,或者由操作者直接给出,图2、图3中的标号图像就是通过画图软件任意添加的标号像素,也可以在程序运行过程中交互指定。实验表明:这种弱交互式图像分割方法具有很好的目标识别能力,对弱目标边界具有一定的鲁棒性。

#### 参考文献:

- [1] 王爱民, 沈兰荪. 图像分割研究综述[J]. 测量技术, 2000, 19(5): 1-6.
- [2] FALCAO A X, JAYARAM K U, MIYAZAWA F K. An ultra-fast user-steered image segmentation paradigm: Live wire on the fly[J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2000, 19(1): 55-62.
- [3] ZHU X, LAFFERTY J, GHAHRAMANI Z. Combining active learning and semi-supervised learning using Gaussian fields and harmonic functions[EB/OL]. [2009-04-20]. <http://pages.cs.wisc.edu/~jerryzhu/pub/zglactive.pdf>.
- [4] KAKUTANI S. Markov processes and the Dirichlet problem[C]// Proceedings of the Japan Academy. Tokyo, Japan: [s. n.], 1945: 227-233.
- [5] DOYLE P, SNELL L. Random walks and electric networks[EB/OL]. [2009-04-20]. <http://web.ee.technion.ac.il/~adam/FUN/RWEN.pdf>.
- [6] BOYKOV Y, VEKSLER O, ZABIH R. A new algorithm for energy minimization with discontinuities[C]// Proceedings of 2nd International Workshop on Energy Minimization Methods in Computer Vision and Pattern Recognition. London: Springer-Verlag, 1999: 205-220.
- [7] SHI J, MALIK J. Normalized cuts and image segmentation[EB/OL]. [2009-04-20]. <http://www.cs.berkeley.edu/~malik/papers/SM-ncut.pdf>.
- [8] GRADY L, SCHWARTZ E. Anisotropic interpolation on graphs: The combinatorial Dirichlet problem[EB/OL]. [2009-04-22]. <http://cns-web.bu.edu/~lgrady/grady2003anisotropic-TR.pdf>.
- [9] ROTHER C, KOLMOGOROV V, BLAKE A. Interactive foreground extraction using iterated graph cuts[EB/OL]. [2009-04-25]. [http://www.cg.inf.ethz.ch/teaching/former/seminar/handouts/Caluori\\_GrabCut.pdf](http://www.cg.inf.ethz.ch/teaching/former/seminar/handouts/Caluori_GrabCut.pdf).