

基于同步更新的背景检测显著性优化

赵艳艳, 沈西挺

(河北工业大学 计算机科学与软件学院, 天津 300400)

摘 要: 现有显著性检测方法大多存在检测误差大、主观性强、对背景先验知识约束过少等局限性。为此, 提出一种背景检测显著性同步更新优化方法。通过改变背景先验的约束范围, 计算显著图与真值图的相似程度, 利用置信度量进行同步传播更新, 使相邻像素间的关联性得以加强, 显著目标边缘更清晰。在标准数据集上的实验结果表明, 与现有基于背景的背景检测显著性检测方法相比, 优化方法具有更高的检测精度。

关键词: 图像检索; 目标检测; 背景度量; 边界先验; 同步更新

中文引用格式: 赵艳艳, 沈西挺. 基于同步更新的背景检测显著性优化[J]. 计算机工程, 2017, 43(10): 264-267.

英文引用格式: ZHAO Yanyan, SHEN Xiting. Saliency Optimization of Background Detection Based on Synchronous Updating[J]. Computer Engineering, 2017, 43(10): 264-267.

Saliency Optimization of Background Detection Based on Synchronous Updating

ZHAO Yanyan, SHEN Xiting

(School of Computer Science and Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300400, China)

[Abstract] The existing saliency detection methods have many limitations, such as large detection error, strong subjectivity and too little restriction on the background prior knowledge. So this paper proposes a synchronization update optimization method based on the saliency of background detection. Through changing the constraints of background prior, the similarity degrees of significant graphs and truth graphs are calculated, and the confidence metric is used to synchronize the propagation update. This method strengthens the correlation between adjacent pixels and makes significant target edge clearer. Experimental results on the standard dataset show that, the optimization algorithm significantly improves the detection accuracy compared with existing background-based saliency detection methods.

[Key words] image retrieval; object detection; background measure; boundary prior; synchronous updating

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2017.10.044

0 概述

图像的显著性检测是对人类的注意视觉机制的研究发展而来的一种图像处理方法^[1]。通过显著性检测, 快速、准确地提取图像的感兴趣区域并优先分配计算资源, 能够有效地提高图像处理的效率和准确度。因此, 显著性检测技术被广泛应用于视觉工作中, 比如图像检索^[2]、图像剪裁^[3]、目标感知图像重新定位^[4]和目标分割^[5]等。视觉显著性检测一般分为自上向下、任务驱动的方法和自底向上、数据驱动的方法。本文研究自底向上的显著性检测。

1 研究现状

在现有的视觉显著性算法中, 大多数直接计算感兴趣区域的显著性, 比较经典的有文献[6]提出的

基于全局对比度的方法、文献[7]提出的基于贝叶斯框架的方法、文献[2]提出的 Saliency filters 方法。而研究领域最近的工作是采用背景优先的思想分析像素的显著性。如文献[8]提出根据区域和周围环境的颜色对比度和空间对比度得到该区域的显著性值, 文献[9]提出根据图像背景的分布特点建立图像初始模型, 分析背景模型的统计性特征, 提出背景中的显著性特征, 更新背景模型。文献[10]提出通过流行排序的方法, 将图像边界作为背景种子, 对其他相关区域进行排序, 构造显著性图。文献[11]提出利用背景先验知识即边界为背景进行显著性检测, 计算每个超像素与背景之间的差异, 差异越小显著性越低, 反之显著性越高。该方法存在一定的缺陷, 主要是检测到的区域轮廓不清晰, 当背景较为复杂或显著性区域在背景中所占比例较大时, 会导致显著图出现误差。而对其进行的改进算法^[12]提出通

基金项目: 天津市应用基础与前沿技术研究重点项目(14JCZDJC1600)。

作者简介: 赵艳艳(1990—), 女, 硕士研究生, 主研方向为计算机图像处理; 沈西挺(通信作者), 教授。

收稿日期: 2016-10-12 **修回日期:** 2016-11-17 **E-mail:** yyzhao_hebut@163.com

过与边界的连接性来定义背景准则,解决目标与图像边界接触问题。文献[13]提出通过判断背景的真实性,选择满足设定条件的一组边界作为真的背景。文献[1]对图像进行不同尺度的分割,然后将多尺度分析的显著图进行融合。

相比于文献[11],改进后的算法在显著性检测的精度上有了一定提高,但是仍然存在局限性。如文献[1]中,进行多尺度显著性图融合选择连乘的方法显得过于主观性;文献[12]没有将背景看作一个整体进行分析,仅仅是单独计算了边界上每一个超像素的显著性值,作为后续计算的一个基础,很容易将图像边界中的孤立像素误认为显著区域;文献[13]仍然将图像边界作为候选背景,对背景先验知识没有过多的约束。

针对以上所提到的问题,本文在以下方面做了改进:1)更准确地提取背景区域;2)优化目标边界;3)引入置信区间,实现同步更新,加强相似图像区域间的显著性值的一致性,通过邻居间的相互影响,自动调整相似图像之间的显著性值,解决了之前对背景的像素误解问题。

2 改进的显著性检测方法

首先在已有的边界先验和背景信息的基础上,改变边界先验的约束范围,并将其作为一个新的度量。本文所提的方法体现了对于图像边界的图像小块的空间布局的特点,增强了对比度计算的效果。受文献[14]的启发,引入置信度量,与相邻超像素间影响的因素公式结合成一个同步更新机制,对由背景权值得到的显著性值形成的显著图进行优化。此方法对比于文献[14]中的同步更新机制有了参数的更新和改进,同样能够适用于文献[14]中的显著性检测,并在高亮程度上有了一定的提高。

2.1 对边界的新度量

本文认为与图像边界区域大块相连的部分为背景^[12],而不是边界先验所认为的边界即为背景。将其作为对边界新的度量,能够更加准确地提取背景区域。

2.2 显著性背景权值的计算

对于边界的显著度量简单直观,但是太过理想化,到目前为止并没有能够将所有图片精确分割的算法,因此,采用粗略分割,计算2个超像素 p 和 q

的 lab 空间平均颜色距离,这里使用的距离度量为欧式距离。对 p 的相似程度定义为式(1)。

$$s(p, p_i) = \exp\left(-\frac{\|p, p_i\|}{2\sigma_{clr}^2}\right) \quad (1)$$

其中, $\|p, p_i\|$ 是 p 与 p_i 的欧式距离,代替文献[12]中的测地线距离; σ_{clr} 取值为10; $S(p, p_i)$ 的取值范围为 $(0, 1]$ 。之后,可以定义与边界相连的像素块与 p 的相似程度为式(2)。

$$s_{Bnd}(p) = s(p, p_i) \cdot \sigma, p_i \in Bnd \quad (2)$$

其中, σ 的取值为0或1,当像素块处于图像的边界时 σ 取值为1,反之为0; Bnd 表示边界像素。由此,将所有超像素的 $s_{Bnd}(p)$ 与 $s(p, p_i)$ 平方根的比值作为权值影响因子 $Bnd(p)$,进而得到背景权值公式 w_{ibg} ,当 w_{ibg} 的值接近1时,表示像素块 p_i 与边界连接的越多,反之越少^[12]。

在文献[11]中,为了克服目标部分出现在边界而被认为是背景而导致错误的检测,优化空间距离权值公式为背景权重对比公式,用 $Ctr(p)$ 表示。

将得到的背景权值公式与文献[11]中的测地线边界先验的边界显著图中空间对比的方法结合可以达到优化目标边界的效果,具体算法如式(3)。

$$w_{ibg}^{bg} \cdot Ctr(p) = \sum_{i=1}^N d_{app}(p, p_i) w_{spa}(p, p_i) w_i^{bg} \quad (3)$$

局部计算过程中得到的显著性图,通过其目标的基本轮廓已经可以看出,但是对于边界处的超像素块不能产生较大的对比度,目标区域分布不均匀,不能很好地突出显著区域。因此,采用同步更新显著图的方法对其做进一步优化。

2.3 显著图的同步更新

在式(1)中得到 $s(p, p_i)$ 是 p_i 对 p 的影响程度,为了提高算法的速度,定义 p 的范围是 p_i 的邻域,也就是说,如果这个相邻超像素与 p 有更相似的颜色特征,那么对 p 的显著性值影响较大。受文献[14]的启发,将 $s(p, p_i)$ 变换成矩阵形式 $S = [s_{ij}]_{N \times N}$ 来表达超像素点 i 对超像素点 j 的影响因子,当 j 为 i 的邻域时, $s_{ij} = \exp\left(-\frac{\|p_i, p_j\|}{2\sigma_{clr}^2}\right)$,否则为0。将矩阵 S 归一化得到 S^* 。引入置信度矩阵^[14],其作用是考虑到超像素的显著性值是由它自己和其邻居当前显著性值共同决定的,所以需要平衡这2个决定性的因素。也就是说,在颜色空间中,一个超像素点和它

有很大的差异,那么,它的显著性值是没有变化的,若它和它的邻居很相似,那么它很可能被局部的环境同化,这也是更新显著性的意义所在。置信度矩阵为 C^* [14]。置信度矩阵使每个超像素自动更新到一个更加准确稳定的状态,在其邻域的影响下,显著性目标将更加容易被检测出来。更新式(4)定义如下。

$$W^{t+1} = C^* \cdot W^t + (I - C^*) \cdot S^* \cdot W^t \quad (4)$$

其中, I 是单位矩阵; C^* 和 S^* 分别是置信矩阵和影响因素矩阵。当 $t = 0$ 时,就是式(3)中的 $w^{bg} \cdot Ctr(P)$,经过 n 次遍历更新,得到最终的显著图。这里设置 $n = 20$ 。

同步更新式(4)是对式(3)得到的显著图进行优化,优化后的显著图在轮廓上有了更清晰的表达。其最大的优势是,同步更新将与边界相连的目标在局部环境的影响下自动增加它们的显著性值,从而与背景分离出来。将边界区域的更多空间布局特点考虑在内使之更加具有鲁棒性,目标轮廓上更加清晰、高亮,区域内部均匀致密。

3 对比实验

通过以上的优化,增强了本文算法的有效性,以大量数据的对比实验验证本文算法的优越性。

3.1 实验准备

在 2 个标准数据集上对所优化的算法进行评价:MSRA-5000 [15], ECSSD [16]。MSRA-5000 包含了更多有着复杂背景的图片。ECSSD 包含了 1 000 张不同大小且多种目标的图片。本文分别从中选取 1 000 张图片进行验证。

本文在文献[12]优化算法 OR 的基础上做了改进,同时将本文优化算法和 SR [13] 算法、MR [10] 算法、BR [1] 算法进行比较。用客观验证法,引入 3 个评价标准,查准率查全率、绝对平均误差和运行时间。查准率查全率曲线是每一幅显著图的显著值变化,范围从 0 到 255,用 0 到 255 最为阈值生成二值掩模,并与 ground truth 真值图作对比。然后计算绝对平均误差,将显著图和真值图的每个像素计算平均误差,取值范围是[0,1]。这能直接反映出显著图与真值图的相似程度。

3.2 实验结果及分析

4 种算法的超像素分割预处理方法都采用 SLIC 算法 [17],在 2 个数据集上随机选取 1 000 张图像做

相应的显著性检测,以 PR 曲线为例说明本文算法的有效性,如图 1 所示。图 1(a)和图 1(b)分别表示在 ECSSD 和 MSRA-5000 两个数据集上,本文算法和对比算法的 PR 曲线。通过图 1 可以看出,本文算法优于 OR 算法,对比于其他算法,在召回率为 0.6 ~ 0.9 时有明显优势。通过显著图分别计算与真值图之间的平均误差,得到绝对平均误差和每幅图片运行时间,如表 1 所示。

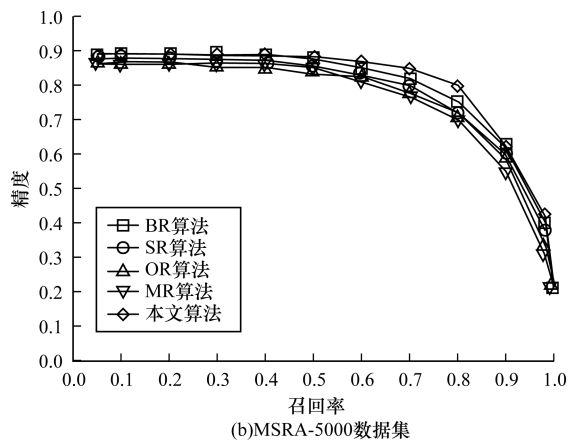
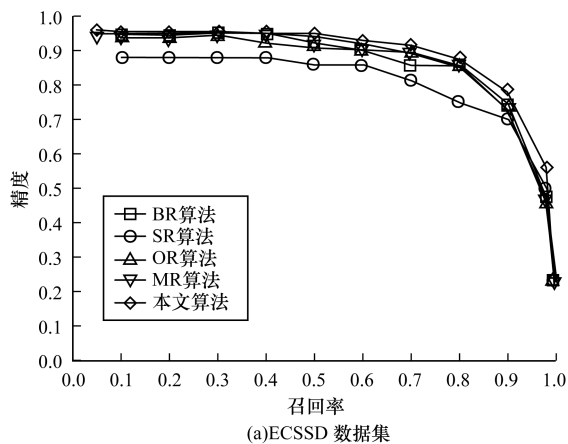


图 1 算法显著性检测结果

表 1 本文算法与其他算法评价标准的比较

算法	均方根误差	运行时间/s
本文算法	0.108 399	0.498
BR 算法	0.110 991	0.675
SR 算法	0.115 923	0.794
MR 算法	0.126 142	0.386
OR 算法	0.110 893	0.435

绝对平均误差的取值范围为[0,1],通过表 1 可以看出本文算法与其他算法相比平均绝对误差是最小的,在时间上相比于 BR,SR 有相对优势,在相应问题处理上,本文算法有一定的优越性。

4 结束语

为改进边界全局检测算法的不足,本文以背景显著性检测为出发点,引入同步更新超像素的方法,使得显著目标更加突出,从而在效率和绝对误差上都有较好的效果。本文方法的不足之处是时间性能还有待进一步提高,在不同的数据集上尚存在一定的局限性。这将是下一步的研究重点。

参考文献

- [1] 张巧荣. 利用背景先验的显著性检测算法[J]. 中国图象图形学报, 2016, 21(2): 165-173.
- [2] PERAZZI F, KRAHENBUHL P, PRITCH Y, et al. Saliency Filters: Contrast Based Filtering for Salient Region Detection[C]//Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2012: 733-740.
- [3] MARCHESOTTI L, CIFARELLI L, CSURKA G. A Framework for Visual Saliency Detection with Applications to Image Thumbnailing[C]//Proceedings of the 12th International Conference on Computer Vision. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2009: 2232-2239.
- [4] DING Yuanyuan, XIAO Jing, YU Jingyu. Importance Filtering for Image Retargeting Computer Vision & Pattern Recognition, 2011, 42(7): 89-96.
- [5] MARCHESOTTI L, CIFARELLI C, CSURKA G. A Framework for Visual Saliency Detection with Applications to Image Thumbnailing[C]//Proceedings of the 12th International Conference on Computer Vision. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2009: 2232-2239.
- [6] CHENG Mingming, ZHANG Guoxin, MITRA N J, et al. Global Contrast Based Salient Region Detection[C]//Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2011: 409-416.
- [7] RAHTU E, KANNALA J, SALO M, et al. Segmenting Salient Objects from Images and Videos[C]//Proceedings of the 11th European Conference on Computer Vision. Berlin, Germany: Springer, 2010: 366-379.
- [8] TONG Na, LU Huchuan, ZHANG Ying, et al. Salient Object Detection via Global and Local Cues[J]. Pattern Recognition, 2015, 48(10): 3258-3267.
- [9] 陈征, 张艳邦, 张芬, 等. 基于背景模型的显著性目标检测算法[J]. 内江科技, 2014, 35(10): 69-70.
- [10] YANG Chuan, ZHANG Lihe, LU Huchuan, et al. Saliency Detection via Graph-based Manifold Ranking[C]//Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2013: 3166-3173.
- [11] WEI Yichen, WEN Fang, ZHU Wangjiang, et al. Geodesic Saliency Using Background Priors[C]//Proceedings of European Conference on Computer Vision. Berlin, Germany: Springer, 2012: 29-42.
- [12] ZHU Wangjiang, LIANG Shuang, WEI Y, et al. Saliency Optimization from Robust Background Detection[C]//Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2014: 2841-2821.
- [13] 蒋寓文, 谭乐怡, 王守觉. 选择背景优先的显著性检测[J]. 电子与信息学报, 2015, 37(1): 130-136.
- [14] QIN Yao, LU Huchuan, XU Yiqun, et al. Saliency Detection via Cellular Automata[C]//Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2015: 110-119.
- [15] LIU Tie, SUN Jian, ZHENG Nanning, et al. Learning to Detect a Salient Object[J]. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2011, 33(2): 353-367.
- [16] YAN Qiong, XU Li, SHI Jianping, et al. Hierarchical Saliency Detection[J]. Computer Vision & Pattern Recognition, 2013, 38(4): 1155-1162.
- [17] ACHANTA R, SHAJI A, SMITH K, et al. Slic superpixels Compared to State-of-the-Art Superpixel Methods[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2012, 34(11): 2274-2281.

编辑 顾逸斐

(上接第263页)

- [14] 金燕, 周勇亮, 陈彪. 随机圆检测算法的采样约束和参数校准策略[J]. 光电工程, 2012, 39(5): 86-90.
- [15] 周勇亮, 金燕, 何萍, 等. 随机 Hough 变换圆检测累计加速算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2014, 26(4): 574-580.
- [16] CHUANG Kuo-liang, HUANG Yonghuai, SHEN Shiming. Efficient Sampling Strategy and Refinement Strategy for Randomized Circle Detection[J]. Pattern Recognition, 2012, 45(1): 252-263.
- [17] 孙吉贵, 刘杰, 赵连宇. 聚类算法研究[J]. 软件学报, 2008, 19(1): 48-61.
- [18] CAI Weiling, CHEN Songcan, ZHANG Daoqiang. Fast and Robust Fuzzy c-Means Clustering Algorithms Incorporating Local Information for Image Segmentation[J]. Pattern Recognition, 2007, 40(3): 825-833.
- [19] 贾瑗玮. 基于划分的聚类算法研究综述[J]. 电子设计工程, 2014, 22(23): 38-41.

编辑 顾逸斐