

# SVM 图像分割中最优权值组合 核函数的研究

刘盼盼, 李 雷

(南京邮电大学 理学院, 江苏 南京 210046)

**摘 要:** 有些时候单独用常用的线性、多项式、Gauss/RBF 径向基和 SIGMOID 核函数构造支持向量机 (Support Vector Machine, SVM) 进行图像分割, 并不能得到满意的结果。为了得到更好的分割效果, 文中提出一种基于最优权值组合核函数的支持向量机图像分割方法, 将作为局部核的 Gauss/RBF 核函数、全局核的多项式核函数, 以及广泛运用的 SIGMOID 核函数通过两两加权来构造新的函数, 并对权值进行遍历优化, 找出分割效果最好的权值组合。实验结果表明, 多项式核函数和 SIGMOID 核函数加权形成的核函数的分割效果最好, 并且不同的权值对该组合核函数的分割效果影响很小, 权值选择有更大的自由度, 可以作为进一步研究核函数的基础。

**关键词:** 图像分割; 支持向量机; 核函数; 加权组合; 遍历优化

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2013)03-0096-05

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2013.03.025

## Research of Optimal Weighted Combination Kernel Functions in Image Segmentation Based on SVM

LIU Pan-pan, LI Lei

(College of Science of Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210046, China)

**Abstract:** Sometimes support vector machines (SVMs) formed by commonly used kernel function, such as linear, polynomial, Gauss RBF and SIGMOID kernel function, segmenting image can not obtain the satisfactory results. In order to get better segmentation result, put forward a method of image segmentation based on SVM composed by the optimal weighted combination kernel functions. Put it another way, construct a new kernel function by weighting each two of polynomial kernel function regarded as local kernel function, Gauss RBF kernel function regarded as global kernel function and SIGMOID kernel function which is widely used. Besides, optimize the weights to find the best weights for the segmentation effect. The experimental results show the combination of polynomial and SIGMOID kernel function proposed has very good and stable effect for SVM segmentation, which can be the foundation of the following up study of kernel function.

**Key words:** image segmentation; support vector machine; kernel function; weighted combination; optimization of traversal

## 0 引 言

在飞速发展的信息时代, 图像是人类获取信息的重要手段之一, 因而图像的处理就变得极其重要。而图像分割是图像处理中的重要部分, 分割的好坏直接影响后期的图像识别和理解, 具有十分重要的意义。

然而, 传统的图像分割方法主要基于低层的特征, 并且现有的分割技术很多是基于传统的统计学方法, 是基于样本数目趋于无穷大时的渐进理论, 所以在高

维特征以及小样本等方面难以获得较好的效果, 因此推广能力差, 学习速度慢。然而很多的实际问题中, 样本的数据都是有限的, 如果运用传统的学习理论很可能达不到满意的结果<sup>[1,2]</sup>。近年来, 人们提出了一种基于统计学理论的学习方法——支持向量机<sup>[3]</sup>, 它能够在小样本空间获得很好的推广能力, 所以从理论上说将支持向量机方法运用到图像分割中具有一定的优势<sup>[4]</sup>。

支持向量机的关键就是核函数, 核函数选择的好坏直接关系到图像分割效果的好坏。常用的核函数有线性、多项式、Gauss/RBF 和 SIGMOID 核函数等, 而在一些实际应用中, 这些核函数并不能得到很好的效果, 所以文中基于常用核函数, 通过加权的方式, 设计

收稿日期: 2012-06-28; 修回日期: 2012-09-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (61070234, 61071167)

作者简介: 刘盼盼 (1990-), 女, 研究方向为支持向量机在图像信息处理中的应用研究; 李 雷, 教授, 博士, 硕士生导师, 研究方向为模式识别与智能系统、应用数学。

了3种加权组合核函数用来对图像进行分割,并就此3种核函数的权值通过遍历的方法进行优化,找出了分割效果最好的权值组合。

## 1 基于组合核函数的 SVM 图像分割方法

用支持向量机解决图像分割问题,目的是将图像的所有像素点区分为前景点和背景点,这是一个分类问题<sup>[5,6]</sup>。

建立 SVM 模型时,首先要选取图像特征,接着就是训练样本、SVM 核函数及其参数的选取,当这些都准备完毕就可以进行 SVM 训练生成一个分类器,并用这个分类器去预测原图像中的其他样本<sup>[7]</sup>。

### (1) 组合核函数的形式。

一般来说,作为局部核的 Gauss/RBF 核函数具有较好的学习能力,但推广能力差,作为全局核的多项式核函数具有较好的推广能力,但学习能力较弱<sup>[8]</sup>,而 SIGMOID 核函数又有很广泛的应用,那么能不能将这三种核函数采用加权的方式相结合来改善图像分割的效果呢?文献[9,10]中也讲述了通过将几个不同作用的核函数相加构造新的核函数来改善图像分割的性能。文中就此想法,将多项式、Gauss/RBF 和 SIGMOID 核函数两两加权构造了3种核函数:WPG, WGS, WPS。WPG 核函数是多项式、Gauss/RBF 核函数的加权和;WGS 核函数是 Gauss/RBF、SIGMOID 核函数的加权和;WPS 核函数是多项式、SIGMOID 核函数的加权和。

加权核函数的形式为:  $K = \lambda K_1 + (1 - \lambda) K_2$

其中,  $K_1$  和  $K_2$  是多项式核函数、Gauss/RBF 核函数和 SIGMOID 核函数中的一种,  $\lambda$  是加权核函数的权值,且  $\lambda \in (0, 1)$ 。

### (2) 基于最优权值组合核函数的 SVM 图像分割算法。

显然,不同的权值组合对图像有不同的分割效果,为了找到分割效果最好的权值组合,文中设计了一种权值的优化方法,基本思想如下:

由于文中设计的算法是设定所有像素点均为背景点,而支持向量机最后返回的测试集精确度是指全部测试集数据被判定为背景的准确率,所以如果返回的测试集精度与背景占整幅图像的比例越接近,说明分割效果越好。所以设待分割图像的背景占整幅图像的比例为  $P$ ,支持向量机返回的测试集精度为  $R$ ,对每个加权核函数的权值  $\lambda$  在区间  $(0, 1)$  遍历,找出使得  $\omega = |P - R|$  最小的权值,即分割效果最好的权值,对应的加权核函数就是分割效果最好的核函数。

图像的特征提取有很多种方法,文献[11,12]中详细阐述了多种特征提取的方法。然而对于一些前景

和背景对比度很大的图像,一般选取像素作为图像的特征。

故文中设计的基于最优权值组合核函数的 SVM 图像分割算法如下:

【算法1 基于最优权值组合核函数的 SVM 图像分割算法】

Step1: 读入图像,计算背景占整幅图像的比例  $p$ ;

Step2: 将读入图像转换成 HSI 图像<sup>[13]</sup>,提取像素特征;

Step3: 从原图像中随机选取一定数目的样本作为前景、背景的训练样本;

Step4: 选择加权核函数类型(WPG, WGS, WPS),初始化加权核函数的权值  $\lambda_i = 0.1$ ,变量  $i = 1$ ;

Step5: 运用5-折交叉验证算法<sup>[14]</sup>计算该核函数的精确度;

Step6: 对 Step3 中得到的样本进行训练,得到一个 SVM 分类器;

Step7: 用 Step6 中得到的分类器对原图像中剩余的像素点进行分类,返回该核函数的测试集精度  $R_i$ ,计算  $\omega_i = |P - R_i|$ ;

Step8: 如果  $\omega_i < \omega_0$ ,  $\omega_0 = \omega_i$ ,并记下此时下标  $i$  的值,否则递增  $i = i + 1$ ,  $\lambda_i = \lambda_{i-1} + 0.2$ ,如果  $\lambda_i < 1$ ,转入 Step5,否则转入 Step9;

Step9: 返回下标  $i$ ,输出对应的权值  $\lambda_i$ ,以及此权值下的分割效果图。

## 2 实验结果及分析

文中的所有实验均是在 Matlab7.1 环境下,根据算法1编程实现的。

图1的第一幅图片显示了文中选取的待分割图像,分割的目的是为了将前景——花和背景——绿叶区分出来,此图像中,计算的背景占整幅图像的 56.6569%,即  $p = 56.6569\%$ ,对此图像进行分割就是最基本的基于 SVM 的二分类问题。

文中采用人工随机选取的方法来选取样本点。训练样本的选取分为背景和前景两部分,分别对背景和前景人工随机选取了20个样本点作为 SVM 的训练集。为了避免不同样本点对图像分割效果的影响,文中将基于同一组样本点,分别研究 WPG、WGS 和 WPS 核函数的分割效果。

### (1) WPG 核函数的分割效果。

对 WPG 核函数,图1显示了权值  $\lambda$  在  $(0, 1)$  以步长 0.1 遍历的分割效果。

表1显示了各个权值的 WPG 核函数的测试集、五折交叉验证的精度。

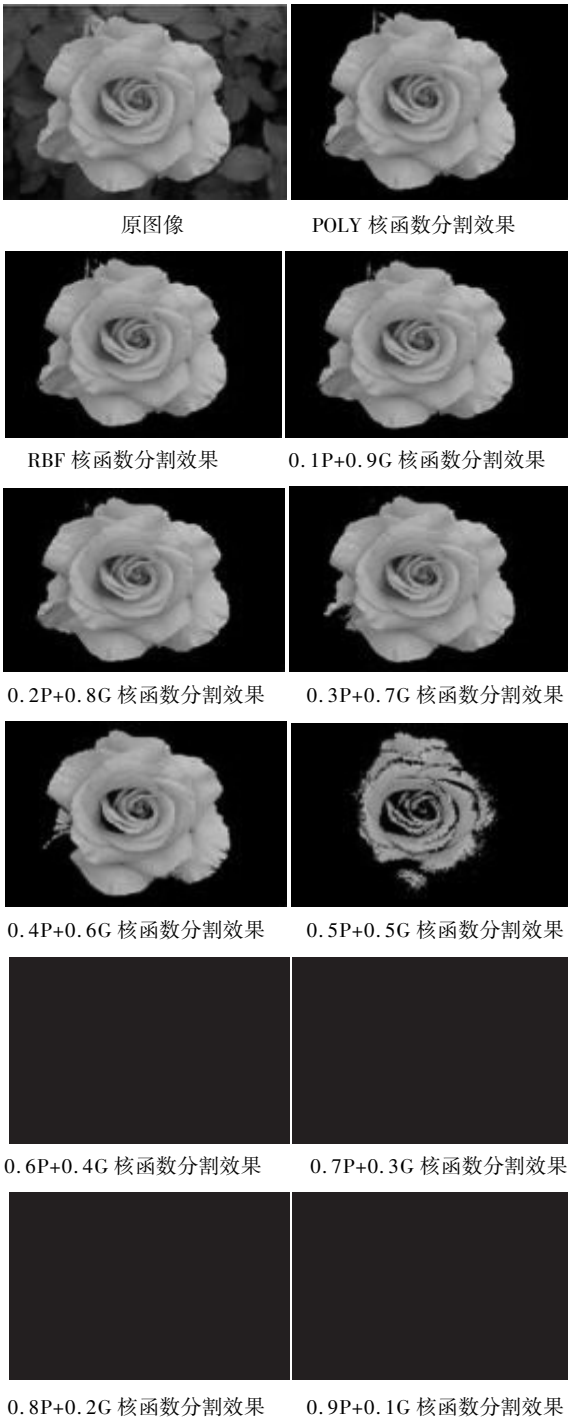


图 1 不同权值的 WPG 核函数的分割效果

从交叉验证精确度看,精度越高,分割效果越好;从测试集精确度和  $w=|P-R|$  的值看,  $w$  越小,分割效果越好。

综合这两方面,从图 1 和表 1 显示的结果分析可得,  $\lambda = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$  的 WPG 核函数分割效果较好,最好的权值是  $\lambda = 0.1$ 。而  $\lambda = 0.5$  的 WPG 核函数分割效果不是很理想,  $\lambda > 0.5$  时的 WPG 核函数都没有识别出图像。

对于 WPG 核函数,不同的权值组合对图像的分割效果还是有很大影响的,当  $\lambda < 0.5$  时,分割效果较

表 1 不同权值的 WPG 核函数的测试集、交叉验证的精度

权值	核函数	交叉验证精度	测试集精度 $R$	$w= P-R $
0	GAUSS/RBF	80%	56.568%	0.0889%
0.1	0.1P+0.9G	80%	56.7151%	0.0582%
0.2	0.2P+0.8G	80%	56.9951%	0.3382%
0.3	0.3P+0.7G	80%	58.2732%	1.6163%
0.4	0.4P+0.6G	80%	61.0618%	4.4049%
0.5	0.5P+0.5G	62.5%	80.0791%	23.4222%
0.6	0.6P+0.4G	50%	100%	43.3431%
0.7	0.7P+0.3G	50%	100%	43.3431%
0.8	0.8P+0.2G	50%	100%	43.3431%
0.9	0.9P+0.1G	50%	100%	43.3431%
1	POLY	80%	56.4633%	0.1936%

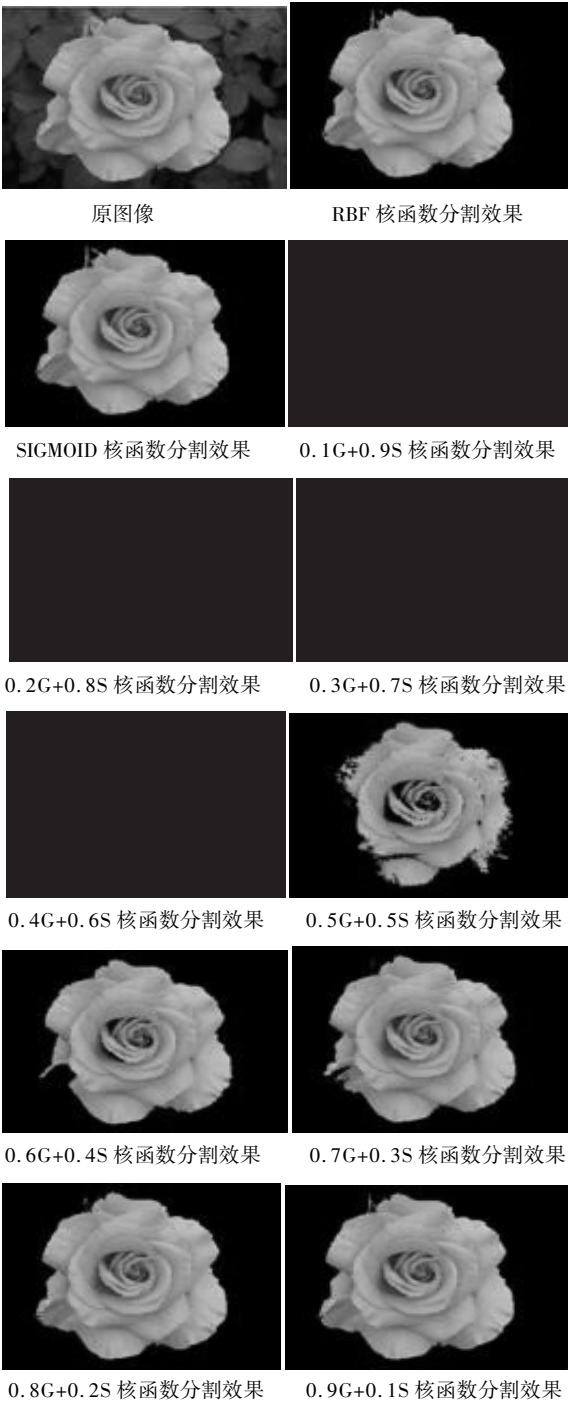


图 2 不同权值的 WGS 核函数的分割效果

好,而当 $\lambda \geq 0.5$ 时,就不能得到文中想要的分割效果了。也就是说在这个组合中,Gauss/RBF核函数起的作用更大。

(2)WGS核函数的分割效果。

对WGS核函数,图2显示了权值 $\lambda$ 在(0,1)以步长0.1遍历的分割效果。

表2显示了各个权值的WGS核函数的测试集、五折交叉验证的精度。

表2 不同权值的WGS核函数的测试集、交叉验证的精度

权值	核函数	交叉验证精度	测试集精度	$w =  P - R $
0	SIGMOID	80%	56.3089%	0.348%
0.1	0.1G+0.9S	50%	100%	43.3431%
0.2	0.2G+0.8S	50%	100%	43.3431%
0.3	0.3G+0.7S	50%	100%	43.3431%
0.4	0.4G+0.6S	50%	100%	43.3431%
0.5	0.5G+0.5S	80%	67.7785%	11.1216%
0.6	0.6G+0.4S	80%	59.9417%	3.2848%
0.7	0.7G+0.3S	80%	57.8616%	1.2047%
0.8	0.8G+0.2S	80%	56.9145%	0.2576%
0.9	0.9G+0.1S	80%	56.6943%	0.0374%
1	GAUSS/RBF	80%	56.568%	0.0889%

和WPG核函数的分析方法一样,从图2和表2显示结果看, $\lambda = 0.9$ 的WGS核函数的分割效果最好,其次是 $\lambda = 0.8, 0.7, 0.6$ 的WGS核函数。而 $\lambda = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ 的WGS核函数也没有识别出图像。

WGS核函数的分割结果和WPG核函数正好相反,当 $\lambda > 0.5$ 时,分割效果较好,而当 $\lambda \leq 0.5$ 时,就不能得到文中想要的分割效果了,说明多项式核函数在此组合中的作用比较大。所以,对于WGS核函数, $\lambda$ 的选择也很重要。

(3)WPS核函数的分割效果。

对WPS核函数,图3显示了权值 $\lambda$ 在(0,1)以步长0.1遍历的分割效果。

表3显示了不同权值的WPS核函数的测试集、交叉验证的精度。

表3 不同权值的WPS核函数的测试集、交叉验证的精度

权值	核函数	交叉验证精度	测试集精度	$w =  P - R $
0	SIGMOID	80%	56.3089%	0.348%
0.1	0.1P+0.9S	80%	56.7151%	0.0582%
0.2	0.2P+0.8S	80%	56.3327%	0.3242%
0.3	0.3P+0.7S	80%	56.3416%	0.3153%
0.4	0.4P+0.6S	80%	56.3514%	0.3055%
0.5	0.5P+0.5S	80%	56.3661%	0.2908%
0.6	0.6P+0.4S	80%	56.3811%	0.2758%
0.7	0.7P+0.3S	80%	56.4285%	0.2284%
0.8	0.8P+0.2S	80%	56.4468%	0.2101%
0.9	0.9P+0.1S	80%	56.4547%	0.2022%
1	POLY	80%	56.4633%	0.1936%

同样的分析方法,从图3和表3显示的结果看,各个权值的WPS核函数的五折交叉验证精度都为80%,而 $\lambda = 0.1$ 的WPS核函数的 $\omega$ 最小,说明 $\lambda = 0.1$ 的WPS核函数对图像的分割效果是最好的,而其他权值的WPS核函数的 $\omega$ 虽然比 $\lambda = 0.1$ 的WPS核函数大了一些,但是差距也很小,而且图3显示的分割效果也都很好,说明WPS核函数的不同权值对分割效果的影响较为稳定。

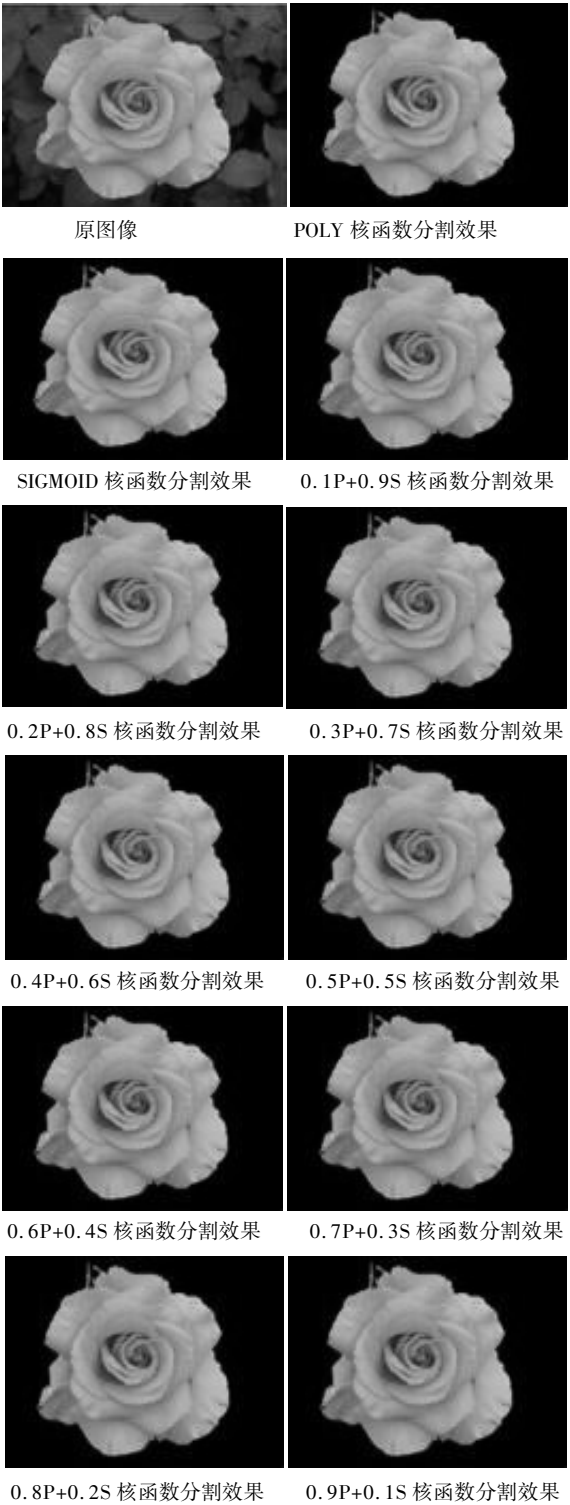


图3 不同权值的WPS核函数的分割效果



对于 WPS 核函数,不同的权值组合对图像的分割效果影响不是很大,分割效果较为稳定。相对于 WPG 和 WGS 核函数,WPS 核函数权值的选择有更大的自由度,在图像分割的应用上会更加有前景。

### 3 结束语

文中提出的基于 SVM 图像分割中最优权值组合核函数,充分利用了核函数的性质,与具有很好泛化性能 SVM 相结合,在不需要任何先验知识及人工干预的情况下,不同核函数对图像的分割有着不同的效果。另外,文中还引进了彩色空间的概念,将彩色图像从 RGB 空间转换到 HSI 空间,基于 SVM 的分割效果更好。总之,核函数是支持向量机的关键,而且构造一个合适的核函数也不是一件易事。

对于文中设计的这 3 种加权组合核函数中,多项式核函数和 SIGMOID 核函数加权形式的 WPS 核函数对图像分割的效果最好,而且它的权值  $\lambda$  的选取对图像的分割效果相对稳定。由此可以发现,多项式、SIGMOID 核函数的加权、乘积组合核函数在图像分割方面具有很广的适用性,可以作为以后研究核函数的基础。而对于 WPG 和 WGS 核函数,如果想要广泛应用的话应该注意其  $\lambda$  的选择,WPG 核函数的  $\lambda$  要适当的小,WGS 核函数的  $\lambda$  要适当的大。

#### 参考文献:

- [1] 黄长专,王彪,杨忠.图像分割方法研究[J].计算机技术与发展,2009,19(6):76-79.
- [2] 李弼程,彭天强,彭波.智能图像处理技术[M].北京:电子工业出版社,2004.

(上接第 95 页)

#### 参考文献:

- [1] 潘爱民. COM 原理与应用[M]. 北京:清华大学出版社,1999:176-193.
- [2] Owler M. Analysis Patterns;Resuable Object Models[M]. [s. l.]:Addison-Wesley,1997.
- [3] 刘勇,郭跟成,刘跃敏,等.创建安全的多线程的进程外组件[J].计算机应用,2000,20(8):24-28.
- [4] 陈震,吴佳蒙.COM 组件的进程透明性及其实现[J].计算机应用,2001(11):84-86.
- [5] Johnson R E,Foote B. Designing reusable classes[J]. Journal of Object-oriented Programming,1988,1(2):22-35.
- [6] 苏通,葛君伟,刘锐.COM+对象跨边界环境调用机制的研究[J].重庆邮电学院学报,2004,16(4):126-129.
- [7] 任立军,侯立刚,魏延良.COM 与 NET 互操作技术的研究

- [3] 杨斌,路游.基于统计学习理论的支持向量机的分类方法[J].计算机技术与发展,2006,16(11):56-58.
- [4] 邓乃扬,田英杰.支持向量机-理论、算法与拓展[M].北京:科学出版社,2009.
- [5] 徐庆伶,汪西莉.一种基于支持向量机的半监督分类方法[J].计算机技术与发展,2010,20(10):115-117.
- [6] 朱程辉,项思俊.手写体汉字识别的二叉树 SYM 算法研究[J].计算机技术与发展,2009,19(9):42-45.
- [7] 王琨.基于支持向量机的图像分割方法研究[D].广州:华南理工大学,2011.
- [8] 李金艳.基于模糊支持向量机的彩色图像分割[D].南京:南京邮电大学,2011.
- [9] Bertelli L, Yu Tianli, Vu D, et al. Kernelized structural SVM learning for supervised object segmentation[C]//2011 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Providence, RI:IEEE,2011:2153-2160.
- [10] 张芬,陶亮,孙艳.基于混合核函数的 SVM 及其应用[J].计算机技术与发展,2006,16(2):176-178.
- [11] Xia Jing, Sun Jiying, Li Hui. Forward-looking Infrared Image Segmentation Using Support Vector Machine Based on Feature Extraction[C]//2010 International Conference on Electrical and Control Engineering (ICECE). Wuhan, China: IEEE, 2010:1031-1034.
- [12] 姜鹤,陈丽亚. SVM 文本分类中一种新的特征提取方法[J].计算机技术与发展,2010,20(3):17-19.
- [13] Acharya T. 数字图像处理:原理与应用[M]. 田浩,葛秀慧,王顶,等译.北京:清华大学出版社,2007.
- [14] Artan Y. Interactive Image Segmentation Using Machine Learning Techniques[C]//2011 Canadian Conference on Computer and Robot Vision (CRV). Canada: IEEE, 2011:264-269.

- 及实现[J].辽宁石油化工大学学报,2008,28(2):63-66.
- [8] 葛鸣铭,傅育熙.用进程代数描述 COM 接口调用[J].计算机工程,2003,29(13):82-86.
- [9] 侯颖,孟小锁.COM 中可连接对象的通信机制[J].计算机技术与发展,2007,17(4):222-224.
- [10] 祁明龙,阚文第,杨俊.CORBA 与 DCOM 桥接设计与实现[J].计算机技术与发展,2008,18(5):104-106.
- [11] 李绪蓉,丁秋林.基于业务构件的快速可重构信息系统研究[J].计算机科学,2003,30(3):153-156.
- [12] Kim Sang-Geun. Designing a Domain Framework with Component Management Model[J]. Journal of Software, 2002, 13(3):335-341.
- [13] 宿继奎,吴亚栋,吕必俊.32 位到 64 位的移植[J].计算机应用与软件,2007,24(3):174-176.

# SVM图像分割中最优权值组合核函数的研究

作者: [刘盼盼, 李雷](#)  
作者单位: [南京邮电大学 理学院, 江苏 南京210046](#)  
刊名: [计算机技术与发展](#)  
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)  
年, 卷(期): 2013(3)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201303027.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201303027.aspx)