

文章编号:1001-9081(2007)02-0492-02

## 基于模糊支持向量机的色素皮损症状识别

艾武,李红,鲁胜强

(1. 华中科技大学数学系,湖北武汉 430074; 2. 武汉理工大学数学系,湖北武汉 430070)

(aiwu818@gmail.com)

**摘要:**传统支持向量机由两类扩展到多类问题时,会出现不可分区域。针对这种情况,在传统支持向量机中引入模糊隶属度函数,用模糊支持向量机(FSVM)解决了传统支持向量机在多类识别中的盲区问题。实验表明,该方法在进行皮肤色素斑症状的识别过程中效率较传统支持向量机明显提高。

**关键词:**模糊支持向量机;隶属度函数;色素皮损;识别

**中图分类号:** TP391.4 **文献标识码:** A

## Recognition of pigmented skin lesions based on fuzzy support vector machines

AI Wu, LI Hong, LU Sheng-qiang

(1. Department of Mathematics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. Department of Mathematics, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** Unclassifiable regions exist in conventional SVM classification with the two-class problems being extended to the multi-class problems. In order to solve this problem, fuzzy membership function was introduced in conventional SVM. Fuzzy support vector machine was applied to solve the unclassifiable problem existing in multi-class recognition by conventional SVM. The experimental results demonstrate that the proposed method outperforms the conventional SVM in the recognition of pigmented skin lesions.

**Key words:** Fuzzy Support Vector Machine (FSVM); membership function; pigmented skin lesions; recognition

### 0 引言

临床诊断上对恶性黑色素瘤等皮肤癌的智能识别已成为研究的热点<sup>[1,2]</sup>。对色素斑类别皮肤症状的判定仍靠肉眼观察或借助放大镜的帮助进行定性描述,主观因素较大,缺乏客观和科学的评价指标。随着计算机和数字图像处理技术在医学领域的应用,使得建立皮肤图像的智能识别系统,进行皮肤症状的计算机辅助诊断成为可能。皮肤色素斑包括雀斑、黄褐斑、色素痣、黑变病和老年斑等。对皮肤的各种色素斑的量化分析是进行特征提取和进一步训练识别的重要前提。文献[3]提出以 ABCD-rule 为依据进行色素斑症状的特征提取,即考虑皮肤症状两个主要方面的特征:症状的边界特征和症状区域的颜色特征。

支持向量机(SVM)是在统计学习理论的基础上发展的一种新的通用模式识别方法<sup>[4]</sup>,由于它在解决小样本、非线性及高维模式识别问题中表现出许多特有的优势,并能够推广应用到回归分析等其他机器学习问题中,因而受到广泛的关注,与神经网络、线性判别法等识别方法相比有较大的优越性。但是,传统的支持向量机是用来处理两类问题的,在进行多分类时,利用“一对一”或“一对多”的策略将二分类推广至多分类,而在此过程中存在较大局限性,当一些输入样本不能被确切的定义为属于某一类时,就会出现部分不可分区域。传统的 SVM 对此缺乏很好的解决手段,为解决这个不可分问题,文献[5]提出了模糊支持向量机(Fuzzy Support Vector

Machine, FSVM),引入模糊隶属度函数,较好地解决了传统 SVM 的这个分类盲区问题。本文依据皮肤学诊断原理 ABCD-rule<sup>[3]</sup>对皮肤症状图像进行特征提取,构建相应特征数据库。结合模糊支持向量机进行分类识别,解决了传统支持向量机在多类别分类中出现的盲区问题。最后利用基于内容的图像检索方法,按相似度从图像库中检索出待识别症状最接近图像。实验结果表明,该皮肤症状识别方法较传统支持向量机效率高,有利于皮肤色素斑症状的临床诊断。

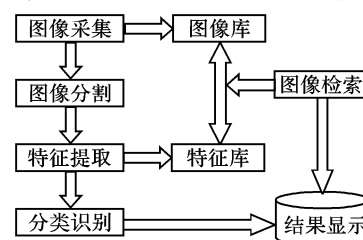


图1 本文算法流程

本文算法步骤如下:

- 1) 图像采集:建立用于训练与识别的图像库;
- 2) 图像预处理:截取症状部分,进行规范化处理;
- 3) 图像分割:进行颜色空间转换,在 V 域内进行阈值分割,确定症状边界;
- 4) 特征计算:计算特征向量的 17 个指标参数;
- 5) 数据存储:存储特征数据,用于训练和查询;
- 6) 分类器训练识别:选择神经网络和支持向量机进行多

收稿日期:2006-08-22;修订日期:2006-11-02

作者简介:艾武(1982-),男,湖北应城人,硕士研究生,主要研究方向:数字图像处理、模式识别;李红(1957-),女,河北人,教授,博士,主要研究方向:数字图像处理、小波分析及其应用;鲁胜强(1981-),男,湖北汉川人,硕士研究生,主要研究方向:遥感图像处理、灰色理论及其应用。

类识别;

7) 分类性能测试与算法评价:对整体识别方法进行测试,包括不同分类器、不同核函数、不同核参数的选择。

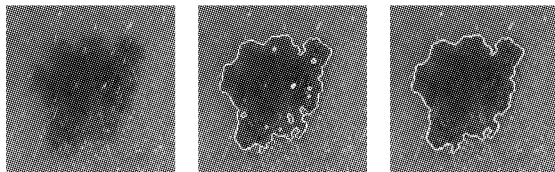
## 1 图像特征分析

### 1.1 图像采集

由于正常人体皮肤的颜色由一系列相互关联的因素决定。皮肤色素、血红蛋白、黑色素及皮损区域对入射光不同程度的吸收对成像的效果有很大的影响。皮肤表面形成的反射光影响皮肤较深部位某些色素性质的特征观察,降低了皮肤深部结构的清晰度,需要去除这些特定的反射光。为克服这些问题,在图像采集过程中使用偏振光技术降低诸如成像姿态变化、分辨率、噪声、光照、皮肤表面反光等设备和环境因素的影响,有效地提高皮肤色素沉着部位及皮肤其他体表的清晰度。在使用时简单地旋转偏振光的角度即可实现调整,获得较好的成像效果。

### 1.2 图像分割

图像分割的目的是将症状区域与正常皮肤分离,以进一步提取症状区域的特征。本文使用基于区域的分割方法。分割算法的主要步骤:1)规范化处理;2)通过中值滤波器进行平滑,去噪;3)RGB-HSV 色彩空间变换;4)V 域阈值化处理;5)Canny 算子边缘检测;6)适当修正边界。将症状区域与正常皮肤分离,找出皮损区域边界。图片实际大小 128 × 128。



(a)原始图像 (b)计算机边缘检测结果 (c)修正结果  
图 2 实验结果

### 1.3 特征提取

皮肤症状的自动诊断中,症状图像的特征选择直接影响识别的准确性和效率。本文根据皮肤学 ABCD-rule<sup>[3]</sup>设计皮肤特征的选取。ABCD 分别代表皮肤症状区域的非对称性,边缘结构,颜色和直径。考虑皮损区域的边界特征和颜色特征选择。通过图像分割得到区域边界,利用边界特性和颜色信息设定特征参数。边界特征包括色素区域的面积和周长、对称和非对称信息<sup>[8]</sup>及似圆度;颜色特征选择 RGB 空间分量的均值和方差、HSV 和 LAB 空间分量的均值。特征计算方法参考文献[6]。

### 1.4 图像检索

基于内容的图像检索原理是对图像进行自动分析,提取图像的内容特征如颜色、形状或纹理等,作为特征向量存入图像特征库,在进行图像检索时,对查询图像进行图像分析,提取特征向量,利用相似性匹配算法计算查询图像与特征库中图像特征向量的相似度,根据相似度的大小输出检索结果。基于内容的图像检索技术的关键在于特征提取,以及在图像特征基础上进行的相似性匹配算法<sup>[7]</sup>。本文检索的目的是针对给出的色素斑皮肤症状,提取其图像特征,以这些特征去检索数据库,按相似度输出图像库中最相近的症状图像。

## 2 FSVM 分类识别

### 2.1 支持向量机(SVM)

SVM<sup>[4]</sup>是建立在统计学习理论基础上的线性分类方法。基于结构风险最小化取代经验风险最小化,克服了神经网络

和传统统计分类法的许多缺点,具有较好的泛化能力。SVM 的主要思想在于寻找使两类样本具有最大间隔的最优分类面。支持向量  $x_i$  和测试向量  $x$  的内积核函数定义为:

$$k(x, x_i) = \varphi^T \varphi(x_i) \quad (1)$$

核函数的构造是支持向量机的关键。传统支持向量机是用来解决二分类问题的,利用非线性算子  $\varphi(x_i)$  将样本向量映射到高维特征空间中,寻找最优分类面将其分为两类。

### 2.2 模糊支持向量机(FSVM)

皮肤症状识别属于多分类问题。传统支持向量机解决多类问题时,通常将多类问题转化成“一对多”或“一对一”问题的形式,本质上是把支持向量机对多类问题的处理看作是对两类问题处理的推广。而在此过程中会出现分类盲区的问题影响分类效率。

在“一对多”情况下,第  $i$  类区别于其他类的第  $i$  个决策函数仍用支持向量机的判别函数:

$$D_i(x) = w_i^T x + b_i \quad (2)$$

其中  $w_i$  为正交于分类面的  $m$  维向量,  $b_i$  为阈值标量。当超平面  $D_i(x) = 0$  成为最优超平面时,属于类  $i$  的支持向量满足  $D_i(x) = 1$ ,属于其他类的支持向量满足  $D_i(x) = -1$ 。对于传统的支持向量机,如果输入的向量  $x$  满足:

$$\begin{cases} D_l(x) > 0, l = i \\ D_l(x) \leq 0, l \neq i \end{cases} \quad (3)$$

则  $x$  属于类  $i$ 。但如果上式不能完全满足,则  $x$  不可分。为解决这个问题,可以将上述  $n$  个问题转化成  $n(n-1)/2$  个两类问题的形式。假设此时第  $i$  类对第  $j$  类的最优决策面函数为:

$$D_{ij}(x) = w_{ij}^T x + b_{ij} \quad (4)$$

其中,  $w_{ij}$  为  $m$  维向量,  $b_{ij}$  为标量,且有:

$$D_{ij}(x) = -D_{ji}(x) \quad (5)$$

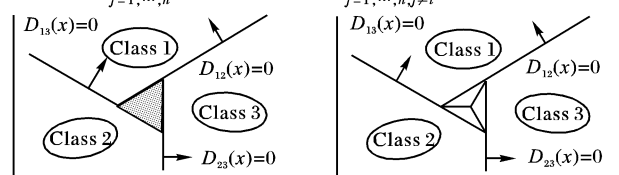
对向量  $x$ , 计算  $D_i(x) = \sum_{j=1, j \neq i}^n \text{sing}(D_{ij}(x))$ , 而  $x$  被分为类  $\arg \max_{i=1, \dots, n} D_i(x)$ , 其中  $\text{sign}(x) = \begin{cases} 1, x > 0 \\ 0, x \leq 0 \end{cases}$ ,  $\arg \max_{i=1, \dots, n} D_i(x)$  表示  $i = 1, \dots, n$  中使得  $D_i(x)$  取最大值时的  $i$  值。

然而,其中有些  $D_i(x)$  有相同的值,即不可分区域同样存在,如图 3 所示,如果  $x$  处在阴影区域,那么当  $i = 1, 2, 3$  时,都有  $D_i(x) = 1$ , 这样  $x$  便成了不可分的样本。为解决上述问题,引入模糊隶属度函数<sup>[5]</sup>。对于类  $i$ , 在垂直于最优分类面  $D_{ij}(x) = 0 (i \neq j)$  的方向上,定义一维模糊隶属度函数  $m_{ij}(x)$ :

$$m_{ij}(x) = \begin{cases} 1, & D(x) \geq 1 \\ D_{ij}(x), & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

向量  $x$  对类  $i$  的隶属度函数定义为:

$$m_i = \min_{j=1, \dots, n} m_{ij}(x) = \min(1, \min_{j=1, \dots, n, j \neq i} D_{ij}(x)) \quad (7)$$



(a)一对一情形不可分区域(阴影部分) (b)引入模糊隶属度函数解决不可分区域

图 3 不可分区域解决方案

则样本向量  $x$  被分入类  $\arg \max_{i=1, \dots, n} m_i(x)$  中,从而图 3(a) 所示的不可分问题得到解决,如图 3(b) 所示。

1)  $\forall x \exists y (Contr(x, m, y) \mapsto Sol(x, y))$ , 买受人进行问题求解, 拍卖人负责监视整个任务执行。

2)  $\forall x (Sol(x) \mapsto Res(x, y))$ , 买受人向拍卖人提交求解结果, 拍卖人将结果反馈给委托者。

特别说明: 若  $Sum(x)$  表示判断拍卖标  $x$  的竞价人数量, 为 false 则无人出价, 即无 Agent 参与  $x$  的拍卖,  $P(m, p', x)$  表示降低  $x$  的条件,  $Disau(x, y)$  表示  $x$  对任务  $y$  进行流拍处理, 则:

1)  $\forall x \exists y (T(m, d, d, x) \wedge \neg Sum(y) \mapsto Pubau(m, x) \wedge P(m, p', x))$ , 如果没有 Agent 参与竞拍, 拍卖人根据具体情况可以降低竞拍约束和底价, 进行二次拍卖。

2)  $\forall x \exists y (T(m, d, d, x) \wedge \neg Sum(y) \mapsto Disau(m, x))$ , 或者宣布流拍, 并启动流拍处理措施。

3)  $\forall x (Disau(m, x) \mapsto Res(m, x))$ , 将最终结果反馈给委托人。

由拍卖机制可知, 以上过程在满足约束时是协调的。

### 2.3 效率分析

假设有  $n$  个节点参与任务竞争, 若 Agent 间一次通信时间开销为  $Tm$ , 合同网招标截止时间为  $Ts$ , 一次 Agent 的能力计算为  $Tc$ , 竞标中一次竞价延迟取  $q * Tm (0 < q < 1)$ , 则在任务分配过程中, 最好情况下 (即第一个出价者为中标者) 只需竞价 1 次, 延迟为  $Td$ , 最坏情况下 (即所有参与者严格按照其出价能力从小到大的顺序出价) 需竞价  $n - 1$  次, 延迟为  $(n - 1) * Td$ , 而平均为  $n/2$  次, 延迟为  $\frac{n}{2} * Td$ 。传统合同网的总时间开销  $T1 = Ts + Tm + n * Tc$ , 而改进合同网为  $T2 = Tm + p * Tc + \frac{n}{2} * q * Tm = (q * \frac{n}{2} + 1) * Tm + p * Tc$ , 其中  $1 \leq p < 2$  为并发的延迟参数。由于  $Ts > Tc \gg Tm$ , 则有  $T1 > T2$ , 即改进的合同网协议响应速度优于传统的合同网协议。

(上接第 493 页)

## 3 仿真实验

以雀斑、黄褐斑、色素痣、恶性黑素瘤 4 个模式类进行分类训练和测试。图像大小规范化为  $128 \times 128$ 。特征向量含 17 个分量<sup>[6]</sup>, 包括不规则性的两个参数、似圆度、最大直径、非对称性参数、RGB 空间三个分量的均值和方差、LAB 及 HSV 空间对应的分量均值参数 17 个指标作为特征向量。利用模糊支持向量机 (FSVM) 进行分类识别, 传统支持向量机 (SVM)、人工神经网络 (ANN) 进行分类比较。

本文选用的核函数为点积核函数  $k(x, y) = x^T y$  和多项式核函数  $k(x, y) = (x^T y + 1)^d$ , 在 Matlab 环境下使用 LIBSVM 工具包实现。

表 1 各种分类器的分类效率 (单位: %)

	ANN	SVM	FSVM
雀斑	0.75	0.85	0.86
黄褐斑	0.82	0.77	0.85
色素痣	0.72	0.78	0.80
恶性黑素瘤	0.76	0.82	0.90

表 2 不同参数的选取结果 (单位: %)

	SVM	FSVM
Dot	70.78	88.09
Poly d=2	93.22	96.22
Poly d=3	95.64	97.74

## 4 结语

本文提出的基于模糊支持向量机的皮肤症状识别方法, 引入模糊隶属度函数, 解决了传统支持向量机在进行多类识别时出现的不可分问题。该方法较传统支持向量机识别效率高, 为建立皮肤色素斑症状

## 3 结语

通过上述分析比较, 基于拍卖的合同网进行任务分配比基于招投标的合同网有很大优势。首先, 求解者间自主比较, 减少了管理者的工作量和评标时间; 其次, 在拍卖中是当场宣布拍卖结果, 不需要对所有的投标者进行结果回复, 并且不会出现两人出价相同的情况; 最后, 由于不需要进行统一评标, 所以管理者只需知道各 Agent 组或联邦的能力即可, 降低了管理者 Agent 对各 Agent 知识的掌握和更新的难度, 间接地支持了 Agent 能力的动态更新。这些优势有效地减少通讯量, 提高了系统效率。基于拍卖机制的改进合同网协商策略已成功的运用在贵州某制药企业 ERP 系统中。

致谢: 感谢我的导师曹斌博士给予大量的指导和提供研究环境!

### 参考文献:

- [1] SMITH RC, DAVIS R. Frameworks for cooperation in distributed problem solving [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1981, 11(1): 61 - 70.
- [2] CONRY SE, MEYER RA, LESSER VR. Multistage Negotiation in Distributed Planning [A]. Distributed Artificial Intelligence [C]. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1988. 367 - 384.
- [3] 王小英, 赵海, 王金东, 等. 基于等级域的多服务 Agent 协作求解问题研究 [J]. 通信学报, 2004, 26(8): 1 - 8.
- [4] 叶海东, 兰少华. 基于熟人的 Agent 联盟策略 [J]. 小型微型计算机系统, 2000, 21(10): 1053 - 1055.
- [5] 马建红, 王万森, 季秋. 基于改进的合同网的多专家 Agent 协作的研究 [J]. 计算机应用, 2004, 24(11): 47 - 49.
- [6] 姚莉, 张维明. 智能协作信息技术 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [7] 中拍协. 拍卖通论 [M]. 北京: 中国财经出版社, 2003.

的智能识别系统提供了算法依据。对皮肤病的计算机辅助诊断, 特别是色素变化及斑痣类肿瘤等的识别, 皮肤科医生的参与也是必不可少的, 建立一套专家系统进行智能识别是今后皮肤症状计算机辅助诊断的发展方向。

### 参考文献:

- [1] BARZEGARI M, GHANINEZHAD H, MANSOORI P. Computer-aided dermoscopy for diagnosis of melanoma [EB/OL]. <http://www.biomedcentral.com/1471-5945/5/8>.
- [2] GANSTER H, PINZ A, ROHRER R. Auto melanoma recognition [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2001, 20(3): 233 - 239.
- [3] NACHBAR F, STOLZ W, MERKLE T. The ABCD rule of dermatology [J]. Amer. Acad. Dermatol., 1994, 30(4): 551 - 559.
- [4] VAPNIC V. 统计学习理论的本质 [M]. 张学工, 译. 第 2 版. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [5] ABE S, INOUE T. Fuzzy support vector machines for multi-class problems [A]. Proc. ESANN Conf. [C]. 2002. 113 - 118.
- [6] MAGLOGIANNIS I, PAVLOPOULOS S, KOUTSOURIS D. An integrated computer supported acquisition, handling and characterization system for pigmented skin lesions in dermatological images [J]. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 2005, 9(1): 86 - 98.
- [7] 王冰, 赵志伟. 基于内容的图像检索技术 [J]. 信号处理与模式识别, 2005, 5: 81 - 85.
- [8] NG V, CHEUNG D. Measuring asymmetries of skin lesions [A]. Proceeding of the IEEE International Conference on Computational Cybernetics and Simulation [C]. 1997, 5: 4211 - 4216.