

基于多特征融合技术的文物图像识别方法研究

曲爱妍^{1,2}, 马乐军¹

(1. 金陵科技学院网络安全学院, 江苏 南京 211169; 2. 陆军工程大学指挥控制工程学院, 江苏 南京 210007)

摘要: 基于图像的文物识别技术在实体参观、网上博物馆、文物勘探等领域具有广泛的应用前景。利用多特征融合技术对文物图像识别的方法进行研究, 采用多特征融合的多核支持向量机(SVM)分类算法对文物图像进行识别, 设计了一个基于多特征融合技术的文物图像识别系统。在文物图像识别过程中, 针对多特征融合算法进行了实验, 实验结果表明: 相较于单特征的识别方法, 同时利用颜色特征、形状特征和纹理特征能提高文物图像识别率。

关键词: 文物图像识别; 多特征融合; 多核学习; 支持向量机

中图分类号: TP311.5

文献标识码: A

文章编号: 1672-755X(2021)03-0008-05

Research on Image Recognition Method of Cultural Relic Based on Multi-feature Fusion Technology

QU Ai-yan^{1,2}, MA Le-jun¹

(1. Jinling Institute of Technology, Nanjing 211169, China; 2. Army Engineering University, Nanjing 210007, China)

Abstract: The image-based cultural relic recognition technology has a wide application prospect in the fields of entity visit, online museum, cultural relic exploration and so on. In this paper, multi-feature fusion technology is used to study the method of cultural relic image recognition, multi-core support vector machine(SVM) classification algorithm of multi-feature fusion is used to recognize cultural relic image, and a cultural relic image recognition system based on multi-feature fusion technology is designed. In the process of cultural relic image recognition, the multi-feature fusion algorithm is tested. The experimental results show that compared with the single feature recognition method, the recognition rate of cultural relic images can be improved by color feature, shape feature and texture feature at the same time.

Key words: recognition of cultural relic image; multi-feature fusion; multiple kernel learning; support vector machine

文物是人类社会活动中遗留下来的遗物和遗迹,具有重要的历史、艺术和科学价值,是人类宝贵的精神财富。智能手机、移动互联网以及社交网络的飞速发展带来了大量的图片信息,图片交流成为人们线上交流的重要方式。由于图像处理水平、模式识别技术的大幅度进步以及人工智能的迅猛发展,图像识别技术成为研究的热点。目前图像识别技术的研究主要集中在对人、物等常见场景的识别,对文物图像的识别研究还较少。文物图像的识别方法使人们不但能够识别文物图像中的内容,而且能借助图像识别的内容获取更多历史知识和背景信息,提高对文物鉴赏的兴趣,获取更好的在线体验。图像识别主要是利用计算

收稿日期: 2021-05-12

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(61671239)

作者简介: 曲爱妍(1976—),女,山东荣成人,高级工程师,硕士,主要从事图像处理、人工智能、数据安全、数据分析等方面的研究。

机对图像进行处理、分析和理解,以识别各种不同模式的目标和对象。图像识别的一般步骤为:首先获取物体的初始图像,对图像进行相应的预处理;然后,提取预处理后图像的主要特征,将提取的特征与各种学习方法相结合,从而实现特征融合;最后,通过支持向量机(support vector machine, SVM)分类器对物体图像进行分类,并将输入图像的最佳适配结果返回给用户^[1]。

基于图像识别的方法很多。从识别提取的特征对象来看,常规的图像识别技术有基于形状特征的识别技术^[2]、基于颜色特征的识别技术^[3]以及基于纹理特征的识别技术^[3]。文物由于其特殊性,兼有形状、颜色、纹理等特征,使得只选用单一特征的识别方法无法满足多特征物体的识别。因此,本文主要运用多特征融合技术选择合适的核函数对文物图像进行分类,提出了基于多特征融合技术的文物图像识别方法,并完成系统功能设计,为文物图像识别提供平台与技术支持。

1 设计原理及方法

一般从物体特征进行物体图像的描述,物体的特征主要有形状、颜色、纹理等。每个特征只反映物体的某种特征,而不反映物体的其他特征。当两种物体图像在某种特征上差异不大时,基于单一特征训练的分类器就无法输出正确的结果。为了能有效地识别文物图像,就要针对文物提取尽量多的、能反映物体特性的特征。不同的特征提取算法对图像的描述侧重点不同,因此需要用不同的特征提取算法提取物体的特征。在描述物体的特征中,颜色特征是最显著、最直观的特征之一,可以用颜色直方图来表述^[4]。形状特征用 Hu 不变矩^[5]来描述,它是一种几何矩。纹理特征用局部二值模式(local binary patterns, LBP)特征描述^[6]。多特征融合方法是在提取物体多个特征的基础上,构造核函数用于 SVM 分类阶段的决策。

1.1 多特征融合方法

多特征融合方法在不同的特征提取算法提取文物多个单一特征的基础上,用融合方法将多个单一特征合成为核函数,核函数是 SVM 分类器进行分类识别决策的主要依据^[7]。构造的核函数主要包括线性核函数、多项式核函数和径向基核函数,三者的公式分别如下:

$$K(x_i, x_j) = x_i \cdot x_j \quad (1)$$

$$K(x_i, x_j) = [(x_i \cdot x_j) + 1]^q \quad (2)$$

$$K(x_i, x_j) = \exp \left\{ -\frac{|x_i - x_j|^2}{\sigma^2} \right\} \quad (3)$$

式中, x_i 和 x_j 表示 2 个样本的特征量。

多核学习(multiple kernel learning, MKL)是一种多特征融合的方法,是当前机器学习的热点,广泛应用于目标检测、模式分类、回归分析及生物信息学等领域^[8]。此算法主要依据 SVM 单核学习中存在的一些问题,利用多个基本核函数的算数组合代替单一核函数,并将核函数的选择问题转换成组合系数选择问题。在多核学习方法中,加权求和核函数应用最广泛。本文采用加权求和核函数法。

假设 $k(x_i, y_i)$ 是组合核函数, N 代指基本核的个数, $k_n(x_i, y_i)$ 代指第 n 类特征所对应的核函数,通过以上假设,则加权求和核函数公式就可以写作:

$$k(x_i, y_i) = \sum_{n=1}^N \beta_n k_n(x_i, y_i) \quad (4)$$

式中, β_n 代表每个基核对应的权值,其取值要求为 $\beta_n \geq 0, \sum_{n=1}^N \beta_n = 1$ 。

本文采取了一种简单的多核学习(simple MKL)方法构造多核模型。该方法通用性强、收敛速度快、分类效率高,能满足人们对文物图像识别的要求。合成核、多尺度核、无限核这 3 种方法均是多核学习中较常采用的方法。图 1 为本系统多核学习模型的构造过程。

1.2 基于多特征融合的文物图像分类算法

多特征融合的方法能够将多种特征的优势都有效发挥,互利互补,从而使得对文物的分类更加全面且具有区分性。此外,多核学习法进行训练可以更明确地强调图像识别中各特征的贡献。本文提出一种基于多特征融合的文物图像分类算法,流程如图 2 所示。

基于多特征融合的文物分类算法实现文物图片检测的主要步骤如下:1)首先将图像进行灰度化,依据图像的大小、光照条件和拍摄角度等因素对输入图像进行归一化处理,从而尽可能降低外部条件对图像的影响;2)用颜色直方图、Hu 不变矩、LBP 算法等提取图片的颜色特征、Hu 不变特征、形状特征和纹理特征;3)凭借 simple MKL 工具箱对多核分类器进行训练,同时组合不同的功能特征,得到加权求和核函数,进而得到多核学习模型;4)建立多核学习模型用于 SVM 分类;5)对识别结果进行输出和分析处理。

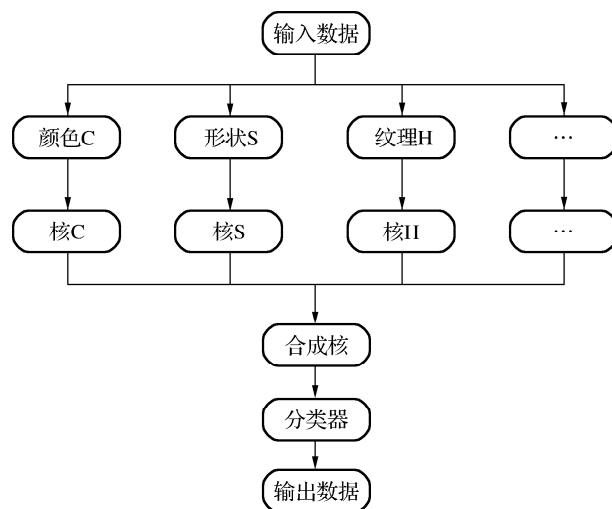


图 1 多核学习模型的构造过程

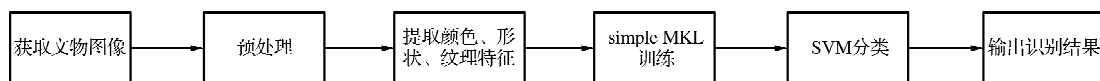


图 2 基于多特征融合的文物图像分类算法流程

2 文物图像识别系统的设计

2.1 系统整体框架设计

本文设计并完成了一个基于移动端的文物图像识别系统。该设计结合 Android 平台和 EM 云平台的优势,系统采用客户机-服务器(C/S)结构。Android 客户端负责获取文物的图像和预处理图像,并将预处理后的文物图像发送到云服务器。云服务器的工作包括特征提取、分类器算法,并将识别的结果返回给移动终端。系统整体框架如图 3 所示。

移动 Android 客户端主要操作步骤如下:首先,利用移动终端的摄像头拍摄文物获取物体图像,或者通过相册直接选择文物图像;然后对图像进行预处理;最后,将预处理完成的文物图像上传到云服务器端。

云服务器端采用 Tomcat 7.0 软件,相关操作步骤如下:云服务器端接收到移动终端上传的图像后,利用颜色直方图、Hu 不变矩、LBP 算法分别提取物体的颜色特征、形状特征、纹理特征;然后将不同特征进行加权法的特征融合,从而获得多核学习模型;最后用 SVM 分类器进行分类,返回识别结果。

2.2 系统功能设计

文物图像识别系统的设计有 3 个功能模块,即文物信息浏览模块、文物标识模块和用户管理模块(图 4)。文物信息浏览模块包括文物详细信息模块,为用户提供文物详细信息导航功能。文物标识模块包括文物识别模块、文物信息推荐模块和文物信息发表模块。文物识别模块可实现文物图像的识别功能;文物

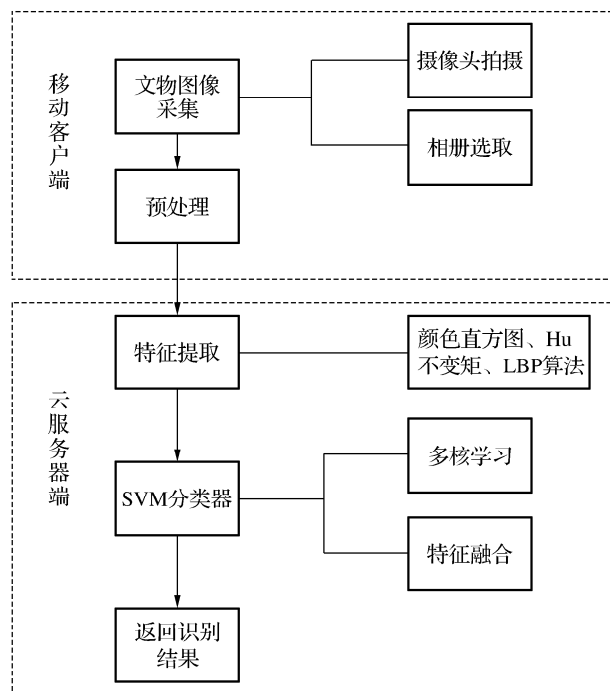


图 3 系统整体框架

信息推荐模块可将识别的文物信息分享到 QQ、微信等社交平台;文物信息发表模块可通过人工对文物信息进行发表,输入文物名称及说明等。用户管理模块包括用户注册模块、用户登录模块和用户信息模块,分别实现用户的注册、登录和信息管理功能。数据库设计如图 5 所示。

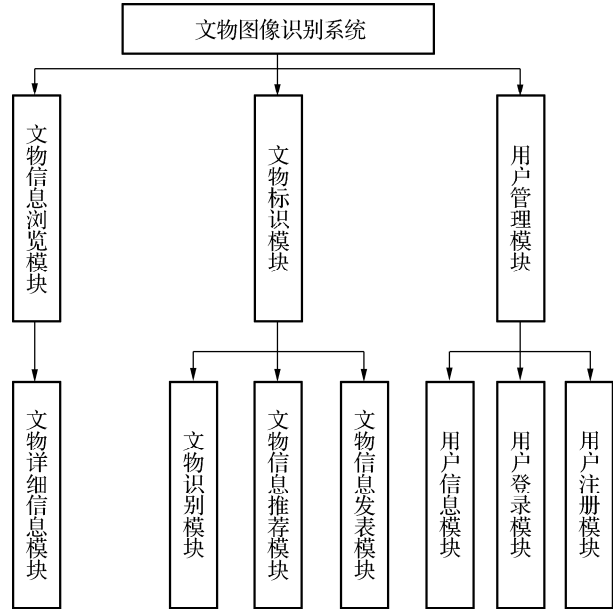


图 4 功能模块设计

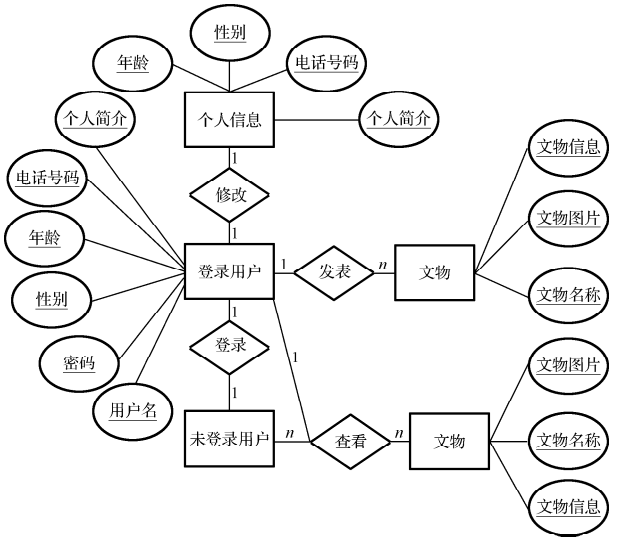


图 5 数据库设计

3 实验结果与分析

在单一特征与组合特征情况下,本实验对普通 SVM 分类算法和多核 SVM 分类算法的文物图像识别率进行比较。采用网络爬虫爬取的方式,从国家博物馆的官网获取大约 5 000 条文物数据建立文物数据集,值得注意的是自己拍摄的文物照片由于光线、角度的问题可能与官网照片有一定差距。

3.1 不同特征组合、不同分类器对陶瓷器图像识别率的影响

选取 122 张陶瓷器文物图片,其中 50 张作为训练样本,其余为测试样本,从而得到了不同特征组合基于普通 SVM 算法和多核 SVM 算法两种不同分类器的识别率。实验结果如表 1 所示,其中,F1 表示颜色特征,F2 表示形状特征,F3 表示纹理特征。从表 1 可以看出:1)对于单一特征来说,普通 SVM 算法和多核 SVM 算法对陶瓷器图像的识别率是一样的,形状特征(F2)和纹理特征(F3)是识别文物种类的重要依据。2)对于不同的分类器,多核 SVM 算法对陶瓷器图像识别效果明显优于普通 SVM 算法。3)特征融合后对陶瓷器图像的识别率普遍高于单一特征的识别率。

表 1 不同特征组合、不同分类器对陶瓷器图像识别率的影响

特征组合	文物图像识别率/%	
	普通 SVM 算法	多核 SVM 算法
F1	43.16	43.16
F2	57.62	57.62
F3	65.18	65.18
F1+F2	60.28	61.32
F1+F3	73.43	75.46
F2+F3	58.31	61.28
F1+F2+F3	80.12	83.73

注:F2+F3 的识别率小于 F3 的识别率,可能是由于物体表面的纹理特征更能代表物体的类型,形状和纹理特征经过算术运算后,反而弱化了其纹理特征。下同。

3.2 不同特征组合、不同分类器对光照陶瓷器识别率的影响

实验利用 PS 工具对选择的 122 张陶瓷器文物图片进行光照效果的增强,其中采用 50 张作为训练样本,其余为测试样本。实验结果如表 2 所示。

从表 1 和表 2 可以看出:1)光照对物体的识别率具有一定的影响,光照陶瓷器的识别率低于非光照陶

瓷器。2)对于不同的分类器,多核 SVM 算法对光照陶瓷器识别效果明显优于普通 SVM 算法。3)对单一特征来说,普通 SVM 算法和多核 SVM 算法对光照陶瓷器的识别率是一样的。4)特征融合后的光照陶瓷器识别率普遍高于单一特征的识别率。

3.3 不同特征组合、不同分类器对石刻砖瓦物体识别率的影响

针对石刻砖瓦物体选取 100 张图片,其中 50 张作为训练样本,其余为测试样本,得出不同特征组合基于普通 SVM 算法和多核 SVM 算法两种不同分类器的识别率。实验结果如表 3 所示。

表 2 不同特征组合、不同分类器
对光照陶瓷器识别率的影响

特征组合	文物图像识别率/%	
	普通 SVM 算法	多核 SVM 算法
F1	40.12	40.12
F2	54.61	54.61
F3	61.16	61.16
F1+F2	59.18	60.28
F1+F3	72.36	74.26
F2+F3	56.32	60.18
F1+F2+F3	78.23	81.14

表 3 不同特征组合、不同分类器
对石刻砖瓦物体识别率的影响

特征组合	文物图像识别率/%	
	普通 SVM 算法	多核 SVM 算法
F1	44.13	44.13
F2	58.61	58.61
F3	67.26	67.26
F1+F2	61.23	63.25
F1+F3	76.83	78.56
F2+F3	59.71	63.42
F1+F2+F3	81.72	83.95

从实验结果可以看出:1)不同特征组合、不同分类器的石刻砖瓦物体的识别率比陶瓷器文物的识别率更高一些,可能因为石刻砖瓦物体的纹理特征更明显一些。2)对于不同分类器,多核 SVM 算法的石刻砖瓦物体的识别率明显优于普通 SVM 算法。3)对单一特征来说,普通 SVM 算法和多核 SVM 算法的石刻砖瓦物体的识别率是一样的。4)特征融合后的石刻砖瓦物体识别率普遍高于单一特征的识别率。

4 结 语

从帮助人们欣赏文物、对文物进行数字化管理的角度出发,本文介绍了一种基于多特征融合技术的文物图像识别系统,通过提取文物的颜色、形状和纹理特征,实现对文物图像的识别。并根据多核学习的思想,将上述特征融合起来,对文物图像进行分类识别,使系统在功能上符合预期目标。

本文主要选取颜色特征、形状特征和纹理特征明显的文物图像进行识别,如陶瓷器、石刻砖瓦等,采用多特征融合技术都有比较好的识别率,但对于书画、服料等文物图像的识别,可能涉及其他的一些算法,如神经网络、随机森林、深度学习等^[9],还需要进一步研究。

参考文献:

- [1] 刘欣悦. 基于移动端的多特征花卉识别系统[D]. 长春:吉林大学,2019
- [2] 丁险峰,吴洪,张宏江,等. 形状匹配综述[J]. 自动化学报,2001,27(5):678-694
- [3] 姜雪. 基于多特征的图像检索方法研究[D]. 淄博:山东理工大学,2019
- [4] HUANG Z C, CHAN P, NG W, et al. Content-based image retrieval using color moment and Gabor texture feature[C]// International Conference on Machine Learning and Cybernetics. IEEE: IJCSI Press, 2012: 719-724
- [5] HU M K. Visual pattern recognition by moment invariants[J]. IRE Transactions on Information Theory, 1962, 8(2): 179-187
- [6] 张丽. 基于颜色和纹理特征的图像检索技术研究[D]. 南京:南京邮电大学,2017
- [7] 刘渭滨,邹智元,邢薇薇. 模式分类中的特征融合方法[J]. 北京邮电大学学报,2017(4):1-8
- [8] 汪洪桥,孙富春,蔡艳宁,等. 多核学习方法[J]. 自动化学报,2010,36(8):1037-1050
- [9] 雷明. 机器学习原理、算法与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2019

(责任编辑:谭彩霞)