



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109583376 B

(45) 授权公告日 2022. 09. 27

(21) 申请号 201811451703.0

(22) 申请日 2018.11.30

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109583376 A

(43) 申请公布日 2019.04.05

(73) 专利权人 陕西科技大学

地址 710021 陕西省西安市未央大学城

(72) 发明人 周强 张静 王莹 张瑞瑞

(74) 专利代理机构 西安新思维专利商标事务所

有限公司 61114

专利代理师 李罡

(51) Int.Cl.

G06V 20/80 (2022.01)

G06V 10/26 (2022.01)

G06V 10/50 (2022.01)

G06V 10/56 (2022.01)

G06V 10/80 (2022.01)

G06V 10/774 (2022.01)

G06V 10/764 (2022.01)

G06V 10/82 (2022.01)

(56) 对比文件

CN 108320282 A, 2018.07.24

W0 2018084507 A1, 2018.05.11

熊露等. 基于特征提取的古陶瓷鉴定研究.

《中国陶瓷》. 2013, (第07期),

审查员 马明阳

权利要求书2页 说明书6页 附图6页

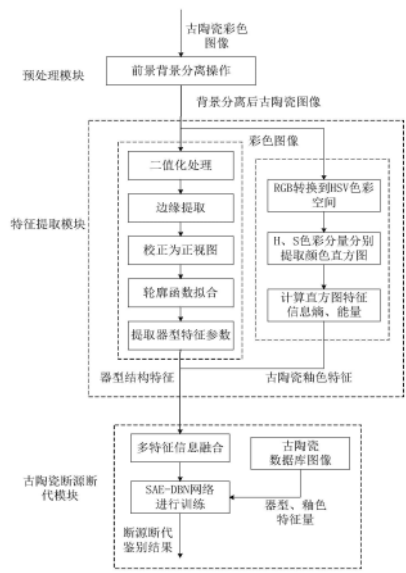
(54) 发明名称

基于多特征信息融合的古陶瓷断源断代方法

法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于多特征信息融合的古陶瓷断源断代方法,从古陶瓷图像中提取古陶瓷器物图像实现背景分离,分割出精确的古陶瓷图像,再对古陶瓷图像进行滤波去噪处理获得清晰的图像;从图像中的器型、颜色两个特征空间同时提取器型结构特征、釉色特征,作为特征量输入到SAE-DBN网络完成对所述古陶瓷图像的特征量的信息融合,及特征量的逐层提取与抽象;将待测古陶瓷图像输入到已训练好的DBN分类器进行训练,由训练结果完成古陶瓷的分类以及古陶瓷断源、断代鉴别。本发明能实现古陶瓷的分类及断源、断代鉴定,为古陶瓷的断源断代鉴定提供了客观、可靠、量化、精确的方法。



CN 109583376 B

1. 基于多特征信息融合的古陶瓷断源断代方法,其特征在于:

从古陶瓷图像中提取古陶瓷器物图像实现背景分离,分割出精确的古陶瓷图像,再对古陶瓷图像进行滤波去噪处理获得清晰的图像;

从图像中的器型、颜色两个特征空间同时提取器型结构特征、釉色特征,作为特征量输入到SAE-DBN网络完成对所述古陶瓷图像的特征量的信息融合,及特征量的逐层提取与抽象;

将待测古陶瓷图像输入到已训练好的DBN分类器进行训练,由训练结果完成古陶瓷的分类以及古陶瓷断源、断代鉴别。

2. 根据权利要求1所述的基于多特征信息融合的古陶瓷断源断代方法,其特征在于:

所述方法包括预处理模块、特征提取模块、古陶瓷断源断代模块;

所述预处理模块采用二次处理方法对古陶瓷图像进行前景背景分离以获得清晰的古陶瓷图像并送至特征提取模块;

特征提取模块用于在古陶瓷图像的器型、釉色两个特征空间中同时提取古陶瓷器型、釉色两种特征量;

所述古陶瓷断源断代模块,是利用SAE-DBN网络模型,完成对所述古陶瓷图像的特征量的信息融合,通过对特征量的逐层提取与抽象,最终可以实现古陶瓷图像的分类和古陶瓷断源断代鉴别。

3. 根据权利要求2所述的基于多特征信息融合的古陶瓷断源断代方法,其特征在于:

所述预处理模块使用信息二次提取方法,包括第一次处理和第二次处理,用于实现古陶瓷图像的前景背景分离以获取清晰的古陶瓷目标对象图像;

所述第一次处理为利用“金字塔”算子对古陶瓷图像每个像素点的RGB三个颜色分量分别进行卷积和处理,再选取合适阈值提取边缘,得到初次彩色边缘轮廓即一次边缘图像;

所述第二次处理是通过掩模匹配法实现古陶瓷图像前景背景分离,首先计算每个像素点的RGB三个颜色分量的加权灰度值,将一次边缘图像转变成为灰度图像,再通过中值-均值滤波法消除图像中的噪声干扰,进行特征信息再提取过程即二次边缘提取过程,提取到古陶瓷完整的边缘二值图像称为古陶瓷掩模图像,再将古陶瓷掩模图像与原图像复合操作,即可在原背景与古陶瓷体难以区分的古陶瓷图像中完整提取古陶瓷器物区域实现前景背景分离。

4. 根据权利要求2所述的基于多特征信息融合的古陶瓷断源断代方法,其特征在于:

所述提取古陶瓷器型结构信息过程由轮廓提取模块、主视图校正模块、轮廓函数拟合模块三部分图像处理操作组成;

所述轮廓提取模块为对提取所述前景背景分离后的古陶瓷图像去噪并二值化处理,再提取边缘轮廓,包括古陶瓷器物上顶、底足椭圆、侧边轮廓线;

所述主视图校正模块方法为根据提取到的古陶瓷图像边缘轮廓确定古陶瓷拍摄角度,对古陶瓷图像校正还原至正视图,即古陶瓷正视图;

所述轮廓函数拟合模块利用BP神经网络高度逼近的功能特点对古陶瓷正视图重新进行边缘轮廓提取以及函数拟合;所述神经网络需要选取最佳网络结构参数,经过训练得到各节点间的权值和阈值,得到满足精度要求的最佳拟合曲线,由古陶瓷轮廓曲线获取古陶

瓷多个器型特征量参数:拐点个数 n 、面积周长分形盒维数 f_{ac} 、颈部高度/腹部高度 $\frac{H_n}{H_a}$ 、古陶瓷底足面积/上顶面积 $\frac{S_b}{S_t}$ 、重构三维古陶瓷体表面积/古陶瓷体积 $\frac{S}{V}$, 将其生成一组组合特征向量用以表征古陶瓷器型结构特征。

5. 根据权利要求2所述的基于多特征信息融合的古陶瓷断源断代方法,其特征在于:

所述古陶瓷釉色信息的提取,为先将古陶瓷图像分割成若干个小块区域以便提高计算准确度,再把古陶瓷RGB颜色空间转换到HSV颜色空间,并且将HSV颜色空间的H、S两个颜色区间均划分为若干个小的颜色区间即颜色级,计算每个古陶瓷图像小块的H、S两个颜色分量在每个颜色级内的像素数量得到颜色直方图,其横轴表示颜色级范围,纵轴表示像素数量;再对整幅古陶瓷图像内每个分割图像块的颜色分量特征分别加权平均处理,得到整幅图像的颜色直方图特征,计算其信息熵和能量作为古陶瓷图像的颜色组合特征向量,即古陶瓷釉色信息。

6. 根据权利要求2所述的基于多特征信息融合的古陶瓷断源断代方法,其特征在于:

所述古陶瓷断源断代模块,采用基于SAE-DBN网络模型进行古陶瓷断源断代检测;从古陶瓷器型特征空间和颜色特征空间分别同时提取古陶瓷器型结构特征与颜色特征信息,将其生成组合特征向量,作为古陶瓷断源断代的判断依据;将提取到的所述特征量输入到SAE-DBN网络,完成对所述古陶瓷图像的特征量的信息融合,利用稀疏自编码器对信息融合的特征量进行降维处理以获得更好的特征描述,再将特征数据输入到深度置信网络中训练DBN分类器,根据训练结果完成待测古陶瓷图像的分类及断源、断代识别。

7. 根据权利要求6所述的基于多特征信息融合的古陶瓷断源断代方法,其特征在于:

古陶瓷断源断代的具体实现方法为将数据库中的古陶瓷图像作为训练样本,提取到的训练样本的特征向量输入到SAE-DBN网络完成网络训练并生成训练好的DBN分类器,再将待测古陶瓷照片作为测试样本,以所述同样方法提取到特征向量,并输入到训练好的DBN分类器,实现对待测古陶瓷图像的分类及断源、断代识别。

基于多特征信息融合的古陶瓷断源断代方法

技术领域

[0001] 本发明属于古陶瓷文物鉴别领域,具体涉及一种基于多特征信息融合的古陶瓷断源断代方法。

背景技术

[0002] 古陶瓷极高的收藏价值和拍卖价格导致大量以假乱真的仿品出现,给社会带来巨大经济损失,所以对古陶瓷文物的准确断源断代鉴别显得尤为重要。

[0003] 目前,对于古陶瓷鉴定方法主要有传统的经验鉴定方法和现代科技鉴定方法,其一凭借经验鉴定缺乏科学性和可信度;其二利用现代科技手段鉴定的方法对古陶瓷样本存在一定程度的破坏性,且赝品高度模拟古陶瓷文物的元素成分、热释光谱等会导致科学仪器有误判的情况发生,因此目前对于古陶瓷的断源断代鉴定存在很大的局限性。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种基于多特征信息融合的古陶瓷断源断代方法,可以实现根据一幅古陶瓷照片完成其断源断代检测。

[0005] 本发明所采用的技术方案为:

[0006] 基于多特征信息融合的古陶瓷断源断代方法,其特征在于:

[0007] 从古陶瓷图像中提取古陶瓷器物图像实现背景分离,分割出精确的古陶瓷图像,再对古陶瓷图像进行滤波去噪处理获得清晰的图像;

[0008] 从图像中的器型、颜色两个特征空间同时提取器型结构特征、釉色特征,作为特征量输入到SAE-DBN网络完成对所述古陶瓷图像的特征量的信息融合,及特征量的逐层提取与抽象;

[0009] 将待测古陶瓷图像输入到已训练好的DBN分类器进行训练,由训练结果完成古陶瓷的分类以及古陶瓷断源、断代鉴别。

[0010] 所述方法包括预处理模块、特征提取模块、古陶瓷断源断代模块;

[0011] 所述预处理模块采用二次处理方法对古陶瓷图像进行前景背景分离以获得清晰的古陶瓷图像并送至特征提取模块;

[0012] 特征提取模块用于在古陶瓷图像的器型、釉色两个特征空间中同时提取古陶器型、釉色两种特征量;

[0013] 所述古陶瓷断源断代模块,是利用SAE-DBN网络模型,完成对所述古陶瓷图像的特征量的信息融合,通过对特征量的逐层提取与抽象,最终可以实现古陶瓷图像的分类和古陶瓷断源断代鉴别。

[0014] 所述预处理模块使用信息二次提取方法,包括第一次处理和第二次处理,用于实现古陶瓷图像的前景背景分离以获取清晰的古陶瓷目标对象图像;

[0015] 所述第一次处理为利用“金字塔”算子对古陶瓷图像每个像素点的RGB三个颜色分量分别进行卷积和处理,再选取合适阈值提取边缘,得到初次彩色边缘轮廓即一次边缘图

像;

[0016] 所述第二次处理是通过掩模匹配法实现古陶瓷图像前景背景分离,首先计算每个像素点的RGB三个颜色分量的加权灰度值,将一次边缘图像转变成为灰度图像,再通过中值-均值滤波法消除图像中的噪声干扰,进行特征信息再提取过程即二次边缘提取过程,提取到古陶瓷完整的边缘二值图像称为古陶瓷掩模图像,再将古陶瓷掩模图像与原图像复合操作,即可在原背景与古陶瓷体难以区分的古陶瓷图像中完整提取古陶瓷器物区域实现前景背景分离。

[0017] 所述提取古陶瓷器型结构信息过程由轮廓提取模块、主视图校正模块、轮廓函数拟合模块三部分图像处理操作组成;

[0018] 所述轮廓提取模块为对提取所述前景背景分离后的古陶瓷图像去噪并二值化处理,再提取边缘轮廓,包括古陶瓷器物上顶、底足椭圆、侧边轮廓线;

[0019] 所述主视图校正模块方法为根据提取到的古陶瓷图像边缘轮廓确定古陶瓷拍摄角度,对古陶瓷图像校正还原至正视图,即古陶瓷正视图;

[0020] 所述轮廓函数拟合模块利用BP神经网络高度逼近的功能特点对古陶瓷正视图重新进行边缘轮廓提取以及函数拟合;所述神经网络需要选取最佳网络结构参数,经过训练得到各节点间的权值和阈值,得到满足精度要求的最佳拟合曲线,由古陶瓷轮廓曲线获取古陶瓷多个器型特征量参数:拐点个数 n 、面积周长分形盒维数 f_{ac} 、颈部高度/腹部高度 $\frac{H_n}{H_a}$ 、古陶瓷底足面积/上顶面积 $\frac{S_b}{S_t}$,重构三维古陶瓷体表面积/古陶瓷体积 $\frac{S}{V}$,将其生成一组组合特征向量用以表征古陶瓷器型结构特征。

[0021] 所述古陶瓷釉色信息的提取,为先将古陶瓷图像分割成若干个小块区域以便提高计算准确度,再把古陶瓷RGB颜色空间转换到HSV颜色空间,并且将HSV颜色空间的H、S两个颜色区间均划分为若干个小的颜色区间即颜色级,计算每个古陶瓷图像小块的H、S两个颜色分量在每个颜色级内的像素数量得到颜色直方图,其横轴表示颜色级范围,纵轴表示像素数量;再对整幅古陶瓷图像内每个分割图像块的颜色分量特征分别加权平均处理,得到整幅图像的颜色直方图特征,计算其信息熵和能量作为古陶瓷图像的颜色组合特征向量,即古陶瓷釉色信息。

[0022] 所述古陶瓷断源断代模块,采用基于SAE-DBN网络模型进行古陶瓷断源断代检测;从古陶瓷器型特征空间和颜色特征空间分别同时提取古陶瓷器型结构特征与颜色特征信息,将其生成组合特征向量,作为古陶瓷断源断代的判断依据;将提取到的所述特征量输入到SAE-DBN网络,完成对所述古陶瓷图像的特征量的信息融合,利用稀疏自编码器对信息融合的特征量进行降维处理以获得更好的特征描述,再将特征数据输入到深度置信网络中训练DBN分类器,根据训练结果完成待测古陶瓷图像的分类及断源、断代识别。

[0023] 古陶瓷断源断代的具体实现方法为将数据库中的古陶瓷图像作为训练样本,提取到的训练样本的特征向量输入到SAE-DBN网络完成网络训练并生成训练好的DBN分类器,再将待测古陶瓷照片作为测试样本,以所述同样方法提取到特征向量,并输入到训练好的DBN分类器,实现对待测古陶瓷图像的分类及断源、断代识别。

[0024] 本发明具有以下优点:

[0025] 本发明通过提取古陶瓷图像的器型结构特征空间和釉色信息空间多个特征量,再

将特征量输入到SAE-DBN网络,对特征量进行融合训练,根据训练结果最终实现古陶瓷的分类及断源、断代鉴定,为古陶瓷的断源断代鉴定提供了客观、可靠、量化、精确的方法。

附图说明

- [0026] 图1为本发明的算法流程框图;
- [0027] 图2为预处理模块算法流程图
- [0028] 图3为器型结构特征提取过程图;
- [0029] 图4为主视图校正模块示意图;
- [0030] 图5为古陶瓷颜色特征提取过程图;
- [0031] 图6为古陶瓷断源断代模块流程图。
- [0032] 图7为古陶瓷多特征融合子模块图。

具体实施方式

[0033] 下面结合具体实施方式对本发明进行详细的说明。

[0034] 参阅图1所示,本发明涉及的一种基于多特征信息融合的古陶瓷断源断代方法,包括预处理模块、特征提取模块、古陶瓷断源断代模块,可以实现根据一幅古陶瓷照片完成其断源断代检测。

[0035] 所述预处理模块采用二次处理方法对古陶瓷图像进行背景分离以获得清晰的古陶瓷图像并送至特征提取模块;特征提取模块用于在古陶瓷图像的器型、釉色两个特征空间中同时提取古陶瓷器型、釉色两种特征量;所述古陶瓷断源断代模块,是利用SAE-DBN网络模型,完成对所述古陶瓷图像的特征量的信息融合,实现古陶瓷图像的分类和古陶瓷断源、断代鉴别。

[0036] 1、古陶瓷图像预处理

[0037] 参见图2,图像预处理模块用于完成古陶瓷图像的前景背景分离,古陶瓷是独一无二的艺术珍品,其器型结构作为断源断代的依据之一,因此准确完整提取到古陶瓷边缘轮廓信息是后续分类与断源断代鉴别的先决条件,但往往古陶瓷图像的古陶瓷目标对象与背景较难区分,灰度变化的界限区域不是很明显,背景与噪声产生的虚假界限像素点对于提取古陶瓷目标对象造成一定影响,一般的边缘提取算法很难获取到完整清晰的古陶瓷器型边缘图像,因此所述预处理模块利用二次处理方法完成对古陶瓷图像的有效信息二次提取,包含第一次处理与第二次处理;

[0038] 第一次处理为利用“金字塔”算子对古陶瓷图像每个像素点的RGB三个颜色分量分别进行卷积和处理,再通过选取合适阈值,提取初次彩色边缘即一次边缘图像;

[0039] 具体方法为通过5*5金字塔模板作为核与古陶瓷图像中的每个像素点的RGB三个颜色分量分别做卷积和运算,然后选取合适的阈值以提取边缘。由于金字塔算子的无方向性,在各个方向的边缘检测效果都相同,可以检测到准确的边缘。所述5*5金字塔模板如下:

$$[0040] \quad G = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

[0041] 金字塔模板与古陶瓷图像每个像素点的R、G、B颜色分量分别进行领域卷积运算，其卷积和作为中心像素点的新像素值，通过RGB三个分量分别处理后的边缘检测效果更为精确，整幅图片经过金字塔模板卷积运算后可以获得初次彩色边缘，称为一次边缘图像。

[0042] 所述第二次处理是通过掩模匹配法实现古陶瓷图像前景背景分离。首先计算每个像素点的RGB三个颜色分量的加权灰度值，将一次边缘图像转变成为灰度图像，并通过中值-均值滤波法消除轮廓边缘的噪声干扰，再进行特征信息再提取过程即二次边缘检测过程，改善图像对比度以及提高图像成分的清晰度，得到完整清晰的的古陶瓷二值化边缘图像作为古陶瓷掩模图像，再将古陶瓷掩模图像与原图像进行复合操作，即可在原背景难以分离的古陶瓷图像中完整提取古陶瓷器物目标区域实现前景背景分离。

[0043] 所述中值-均值滤波法是将中值滤波法与均值滤波法相结合的算法，有效的克服了两种算法自身固有的缺陷，既很好保护了古陶瓷图像的细节部分，又很好的消除了噪声点。其算法为：从图像的一个采样窗口取出奇数个像素数据按灰度大小排列，选择新排列序列的中间三个像素灰度值并求取其平均值作为输出像素值。此方法输出的像素值更接近像素真实值从而消除孤立噪声点，其输出像素值计算如下：设将一组像素点按灰度值从小到大排成序列 $f_1(x, y), f_2(x, y), \Lambda, f_{i-1}(x, y), f_i(x, y), f_{i+1}(x, y), \Lambda, f_n(x, y)$ ，取出最中间三个像素点值分别为 $f_{i-1}(x, y), f_i(x, y), f_{i+1}(x, y)$ ，其中 $f_i(x, y)$ 为新排列的序列最中心点值，再取其平均值作为输出像素点。

$$[0044] \quad g(x, y) = \frac{1}{m} \sum_{i=i-1}^{i+1} f_i(x, y) \quad (1)$$

[0045] 式中 $g(x, y)$ 表示滤波后图像在 (x, y) 处的灰度值， $\Sigma \{ \}$ 表示对古陶瓷图像某像素点所在小窗口像素点灰度排序后最中间三个像素点灰度值求和， m 为古陶瓷图像像素点的个数。

[0046] 2、提取特征模块

[0047] 所述特征提取模块用于从古陶瓷图像的器型、颜色两个特征空间同时提取古陶瓷器型结构信息和古陶瓷釉色信息，这两个特征量能够作为反映古陶瓷明显时代特征与地域特征的关键性指标。

[0048] (1) 古陶瓷器型结构

[0049] 古陶瓷外边缘轮廓线包含了古陶瓷器型结构所有信息，因此提取准确器型结构特征对于古陶瓷断源断代至关重要。提取轮廓拟合函数的过程由轮廓提取模块、主视图校正模块、轮廓函数拟合模块三部分图像处理操作组成，参见图3，其具体如下：

[0050] a、由提取到的古陶瓷边缘轮廓信息分别拟合出上顶、底足边界椭圆函数、侧边轮廓线，其中椭圆函数是利用最小二乘法进行拟合，得到准确的椭圆参数；

[0051] b、古陶瓷图像主视图校正

[0052] 参见图4，利用拟合的椭圆函数信息，求取相机与水平方向之间的拍摄角度 θ 。

[0053] 拍摄角度计算方法如下：

$$[0054] \quad \theta = 90 - \arccos\left(\frac{b}{a}\right) \quad (2)$$

[0055] 式中， θ 表示相机与水平方向之间的角度， a 表示所述拟合椭圆的长半轴长度， b 表示所述拟合边界椭圆的短半轴长度。

[0056] 投影图像与原图像存在以下关系：

$$[0057] \quad I(x, y) = \frac{I'(x, y)}{\cos \theta} \quad (3)$$

[0058] 利用式(1)求到的拍摄角度，根据式(2)校正所述古陶瓷轮廓图像， $I'(x, y)$ 为投影古陶瓷图像， $I(x, y)$ 既为得到古陶瓷校正后正视图图像。

[0059] c、图像边缘轮廓函数拟合

[0060] 对正视图图像进行边缘轮廓函数拟合，利用BP神经网络来逼近古陶瓷器物的非线性边缘轮廓曲线，选取最佳网络结构参数，经过训练得到各节点间的权值和阈值，得到满足精度要求的最佳拟合曲线，由古陶瓷轮廓曲线获取古陶瓷多个器型特征量参数：拐点个数 n 、

面积周长分形盒维数 f_{ac} 、颈部高度/腹部高度 $\frac{H_n}{H_a}$ 、古陶瓷底足面积/上顶面积 $\frac{S_b}{S_t}$ ，

重构三维古陶瓷体表面积/古陶瓷体积 $\frac{S}{V}$ ，这些参数直接反映古陶瓷器型结构，同时拐点信息还

可以反映拟合曲线的凹凸性，即反映古陶瓷弯曲形状信息；面积周长分型盒维数反映古陶瓷形状的复杂性；将所述参数形成组合特征向量用以表征古陶瓷器型结构特征。其中面积周长分形盒维数 f_{ac} 计算如下：

$$[0061] \quad f_{ac} = \frac{s}{l} \quad (4)$$

[0062] 式中， s ——古陶瓷侧边轮廓曲线所围的面积， l ——古陶瓷侧边轮廓线曲线所围周长。 f_{ac} 反映了古陶瓷侧边轮廓形状的复杂性。

[0063] (2) 古陶瓷釉色信息

[0064] 参见图5，利用改进分块颜色直方图法提取古陶瓷釉色特征。将原图像RGB色彩模式转换到HSV(hue, saturation, value)色彩空间，HSV色彩空间三个分量是相互独立的，能够以人的视觉系统对颜色的感知程度作为提取颜色特征的模型，从色调、颜色深浅、颜色明暗来描述图像，色调和饱和度分量代表了色彩信息。在HSV色彩空间中选取合适的色调及饱和度高低阈值，以准确提取图像色彩信息；方法为先将古陶瓷图像分割成若干个小块区域以便提高计算准确度，再把古陶瓷RGB颜色空间转换到HSV颜色空间，并且将HSV颜色空间的H、S两个颜色区间均划分为若干个小的颜色区间即颜色级，计算每个古陶瓷图像小块的H、S两个颜色分量在每个颜色级内的像素数量得到颜色直方图，其横轴表示颜色级范围，纵轴表示像素数量；

[0065] 再对整幅古陶瓷图像内每个分割图像块的颜色分量特征分别加权平均处理，得到整幅图像的颜色直方图特征，计算其信息熵和能量作为古陶瓷图像的颜色组合特征向量，即古陶瓷釉色信息。

[0066] 古陶瓷颜色分量直方图特征的信息熵特征与能量特征计算如下：

[0067] ①信息熵特征

$$[0068] \quad \begin{cases} E(h) = -\sum_{i=0}^{n-1} p_i \log_2(p_i) & h\text{通道} \\ E(s) = -\sum_{j=0}^{m-1} q_j \log_2(q_j) & s\text{通道} \end{cases} \quad (5)$$

[0069] 式中, $E(h)$ 、 $E(s)$ 分别表示H、S两个通道的信息熵, n 、 m 分别表示将H、S两个颜色分量的颜色级区域个数, 其中, $p_i = n_i/N$, p_i 表示像素点落在H颜色分量中第 i 个颜色级的像素在整幅古陶瓷图像中占的百分比, 且 $q_j = m_j/M$, q_j 表示像素点落在S颜色分量中第 j 个颜色级的像素在整幅古陶瓷图像中占的百分比。颜色直方图的信息熵用以描述古陶瓷图像各个颜色相对整幅古陶瓷图像的分布情况。

[0070] ②能量特征

$$[0071] \quad \begin{cases} m(h) = \sum_{i=0}^{n-1} p_i^2 & H\text{颜色分量} \\ m(s) = \sum_{j=0}^{m-1} q_j^2 & S\text{颜色分量} \end{cases} \quad (6)$$

[0072] 式中 $m(h)$ 、 $m(s)$ 分别代表H、S两个颜色分量直方图特征的能量值。反映了古陶瓷图像颜色分布的均匀程度。

[0073] 3、古陶瓷断源断代模块

[0074] 参见图6, 古陶瓷断源断代模块是利用SAE-DBN网络模型完成DBN分类器的训练, 根据训练结果完成对待测古陶瓷图像的分类及断源断代。具体过程为将数据库古陶瓷图像作为训练样本, 待检测古陶瓷图像作为测试样本, 将有标签的古陶瓷训练样本通过上述方法提取到器型结构特征与颜色特征, 将其特征量输入到深度置信网络进行训练, 完成对所述古陶瓷图像的特征量的信息融合, 多特征信息融合子模块参见图7, 将古陶瓷颜色特征空间与器型结构特征空间的多个特征量进行信息融合。再利用稀疏自编码器 (SAE) 对信息融合的特征量进行降维处理以获得比原始多特征信息融合数据更好的特征描述, 得到训练好的DBN分类器, 再将待检测古陶瓷图像输入到已经训练好的DBN分类器进行训练, 根据训练结果可实现对待测古陶瓷图像的分类及其断源、断代鉴别。

[0075] 本发明的内容不限于实施例所列举, 本领域普通技术人员通过阅读本发明说明书而对本发明技术方案采取的任何等效的变换, 均为本发明的权利要求所涵盖。

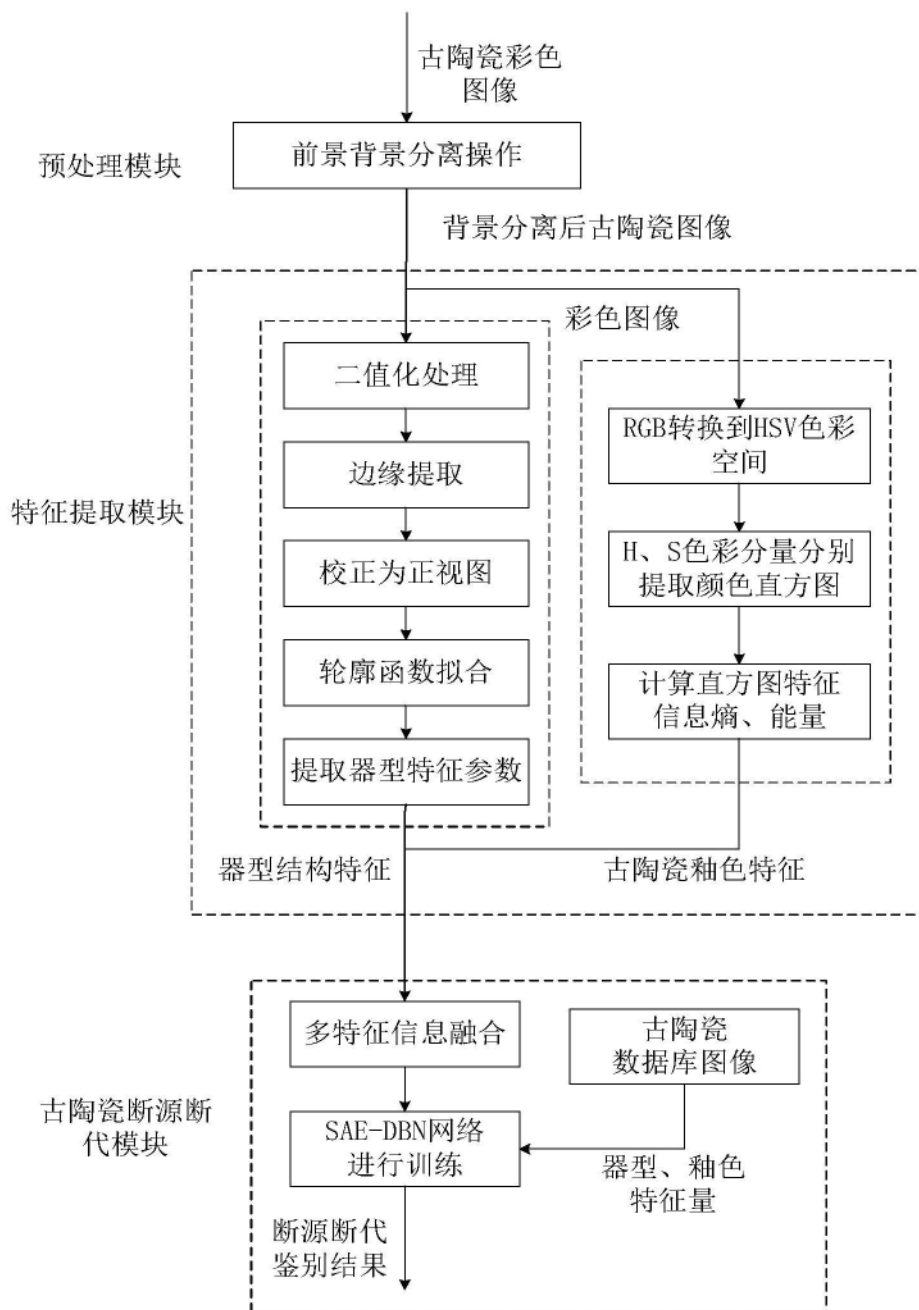


图1

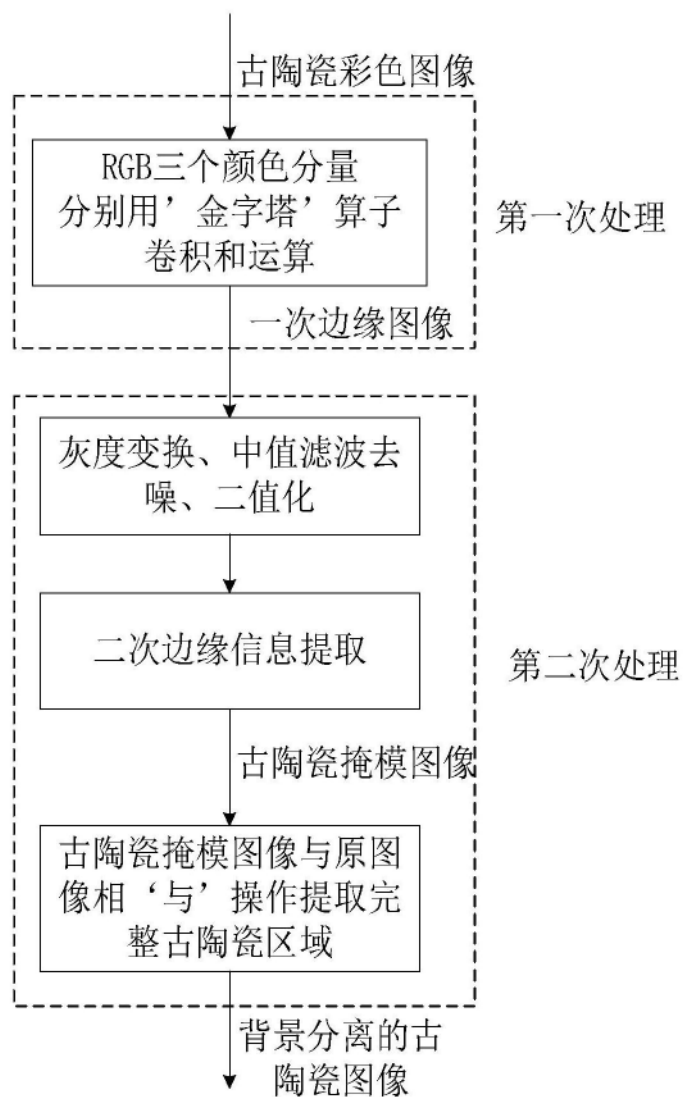


图2

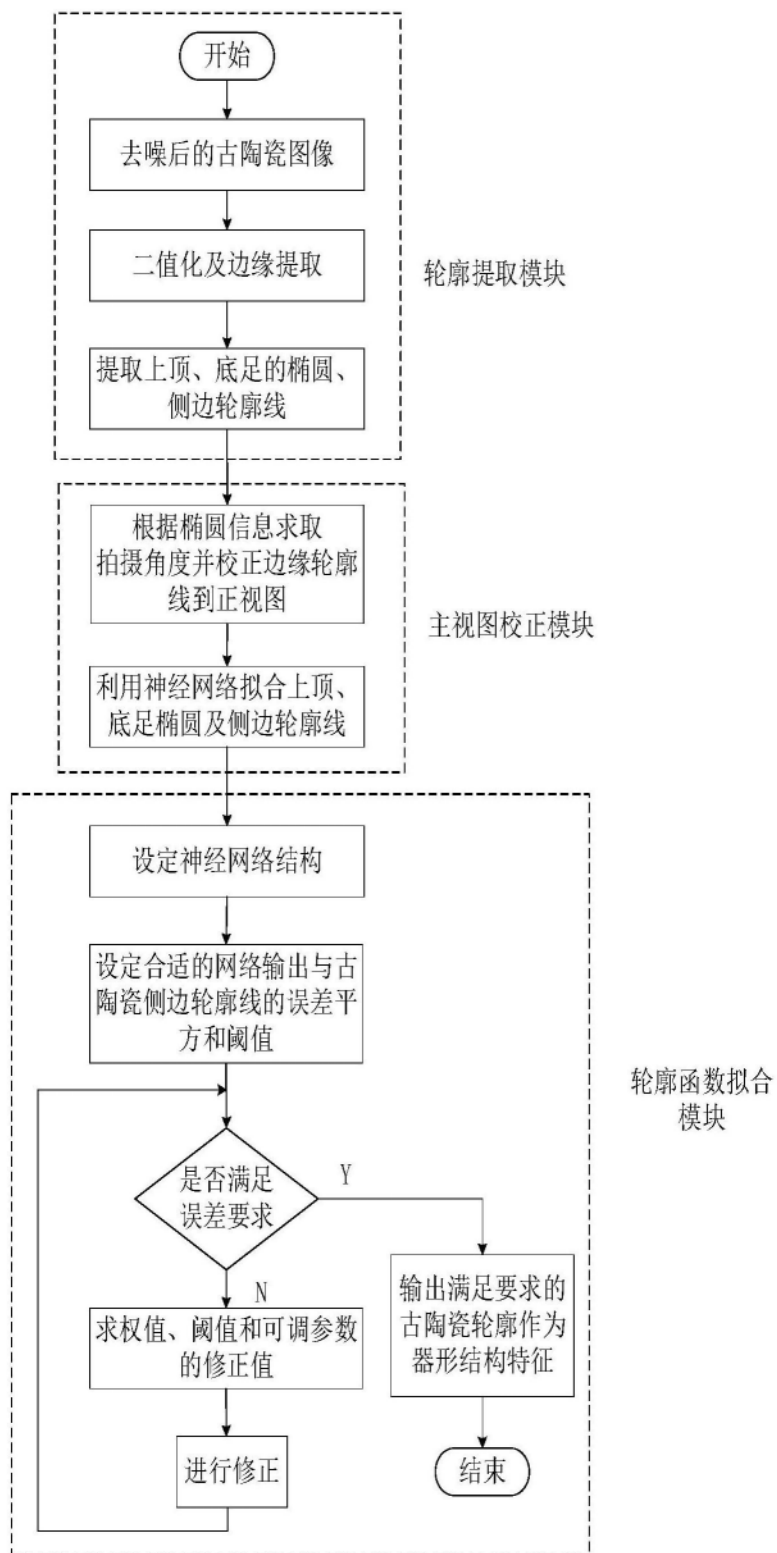


图3

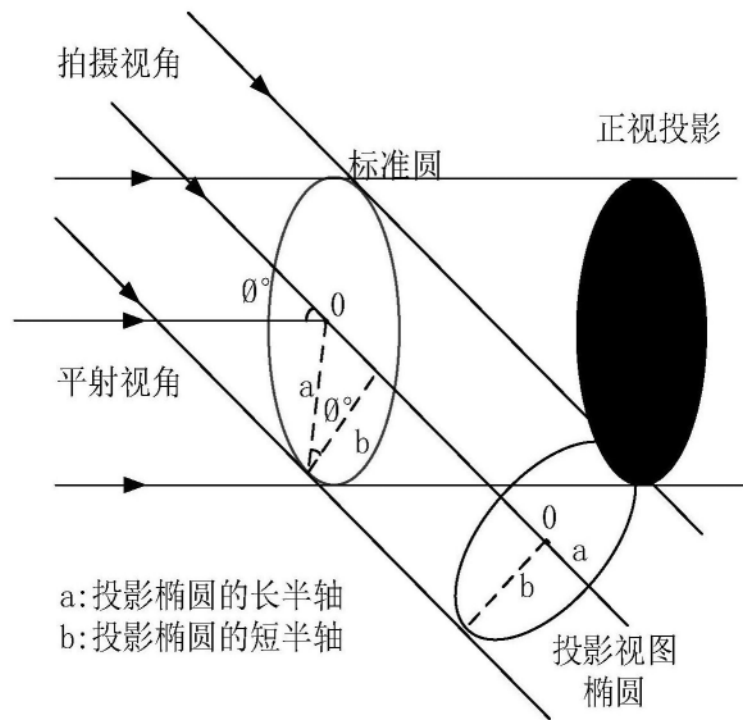


图4

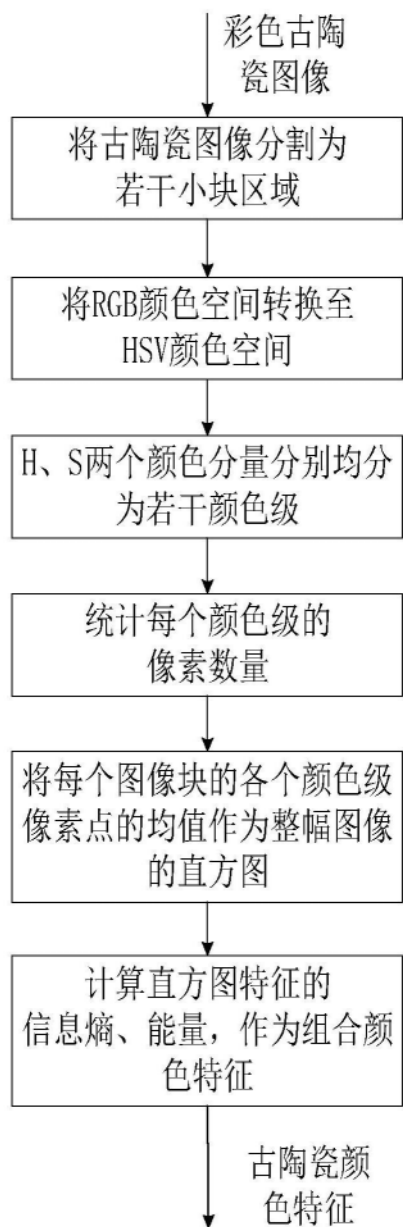


图5

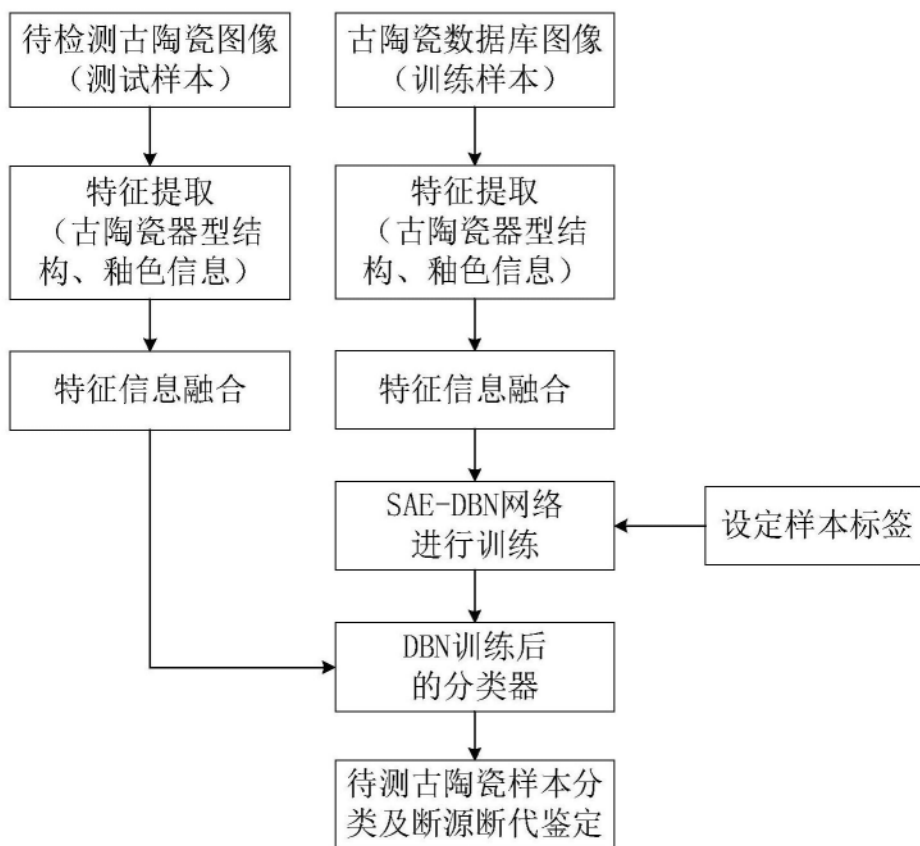


图6

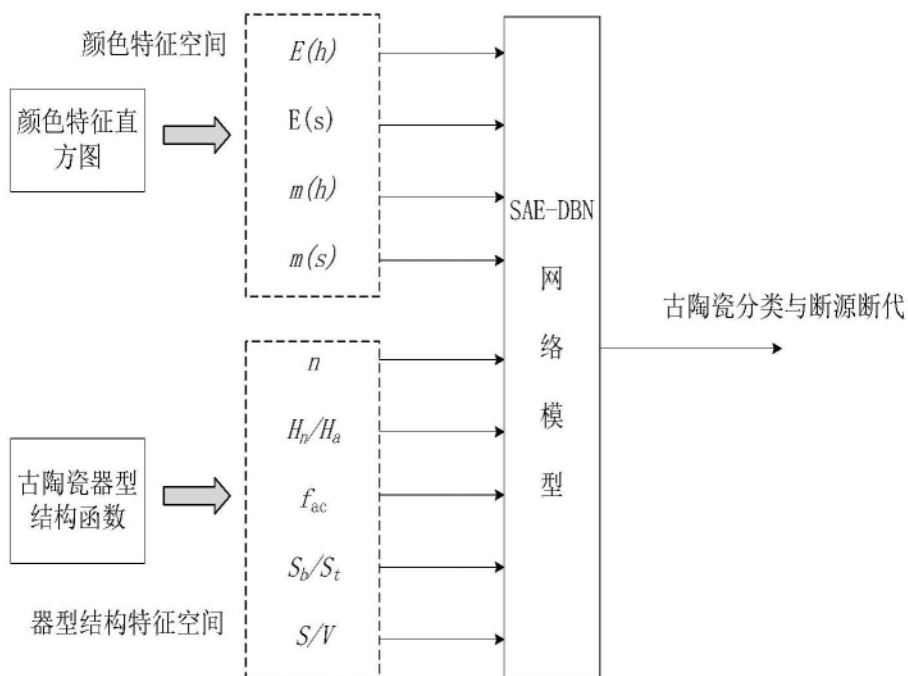


图7