

doi: 10.7690/bgzdh.2025.10.003

基于边缘复杂度的美术绘画图像色彩特征提取方法

封 韵

(驻马店幼儿师范高等专科学校, 河南 驻马店 463000)

摘要: 为解决传统色彩特征提取方法对美术绘画图像进行特征分析时存在难以支持美术绘画图像的精准分类问题, 设计一种基于边缘复杂度的美术绘画图像色彩特征提取方法。提取美术绘画图像的颜色分量, 利用颜色矩来表征颜色特征分量, 用 Sobel 算子将边缘延伸方向量化为水平和垂直方向, 检测美术绘画图像区域, 计算边缘强度确定边缘方向, 给出美术绘画图像色彩特征提取流程, 并进行实验对比分析。结果表明: 与传统方法相比, 使用该方法得到的图像色彩特征进行图像分类, 美术绘画内容和绘画风格上的分类结果更加精准。

关键词: 边缘复杂度; 美术绘画; 图像色彩; 特征提取

中图分类号: TP391.411 **文献标志码:** A

Color Feature Extraction Method of Art Painting Image Based on Edge Complexity

Feng yun

(Zhumadian Preschool Education College, Zhumadian 463000, China)

Abstract: In order to solve the problem that the traditional color feature extraction method is difficult to support the accurate classification of art painting images when analyzing the features of art painting images, a color feature extraction method of art painting images based on edge complexity is designed. Color moment is used to represent the color feature component, and Sobel operator is used to quantify the edge extension direction into horizontal and vertical directions. Then the region of the art painting image is detected, and the edge intensity is calculated to determine the edge direction. Finally, the color feature extraction process of the art painting image is given, and the experimental comparison and analysis are carried out. The results show that compared with the traditional method, the color features of the image obtained by this method are used to classify the image, and the classification results of the art painting content and painting style are more accurate.

Keywords: edge complexity; fine art painting; image color; feature extraction

0 引言

美术绘画图像是对客观世界的再现, 是人类视觉感知的产物, 其艺术价值直接决定了人类对客观世界的认识程度; 因此, 对美术绘画图像进行研究可以在一定程度上反映出人类对客观世界的认识程度, 为人们的审美、研究、创作等提供了一种新的思路^[1-2]。随着计算机技术的发展, 数字美术绘画作品在计算机领域得到了广泛应用; 但由于美术绘画作品与普通图像的色彩差异, 使得传统的色彩特征提取方法无法准确获取美术绘画作品的色彩信息, 从而影响了数字美术绘画作品的视觉效果。

传统美术绘画图像研究方法主要包括图像分割、特征提取和图像分析等方法, 这些方法大多以图像分割为基础, 首先利用图像分割技术提取美术绘画图像中的区域, 然后在区域中提取特征, 最后将特征应用于分类或者其他任务中^[3-4]。尽管这些方

法在一定程度上可以提高美术绘画图像的分类精度和效率, 但是它们存在一些局限性: 对美术绘画图像进行分割时, 由于无法获取其色彩信息, 因此不能准确判断是否含有色彩; 在提取特征时, 由于没有考虑到美术绘画图像边缘的复杂性, 导致在提取特征时容易出现过拟合或者欠拟合的情况^[5-6]; 当对美术绘画图像进行特征分析时, 由于未考虑到美术绘画图像边缘的复杂性, 导致对美术绘画图像的特征提取不准确。以上特征提取方法中存在的局限性, 会影响特征提取的效果, 导致提取出的特征难以支持美术绘画图像的精准分类。针对传统方法存在的问题, 笔者提出一种基于边缘复杂度的美术绘画图像色彩特征提取方法。

1 美术绘画图像色彩特征提取方法

1.1 提取美术绘画图像的颜色分量

由于美术绘画图像具有丰富的颜色, 在对其进

收稿日期: 2024-10-05; 修回日期: 2024-11-10

第一作者: 封 韵(1986—), 女, 湖南人, 硕士。

行颜色特征提取时, 需要对美术绘画图像的色彩分量进行提取。色彩特征提取一般采用 RGB 色彩空间, 需要将 RGB 色彩空间转换到 HSV 色彩空间^[7-8]; 但是在实际应用中, 由于 RGB 色彩空间并不能完全满足美术绘画图像的颜色特征提取需求, 因此在进行颜色特征提取时, 会采用 HSV 色彩空间, 并通过改进的线性变换模型进行图像灰度转换, 通过计算图像边缘复杂度获取美术绘画图像颜色分量。为了更好地获取颜色分量, 笔者利用颜色矩来表征颜色特征分量。图像中的一阶矩表示为:

$$\mu_x = \frac{1}{N} \sum_{y=1}^N P_{xy} \quad (1)$$

式中 P_{xy} 为美术绘画图像中第 y 个像素的第 x 个颜色分量, 表达了图像的整体均值信息。二阶矩表示为:

$$\sigma_x = \left[\frac{1}{N} \sum_{y=1}^N (P_{xy} - \mu_x)^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

式(2)表达了美术绘画图像中的方差信息, 描述了细节变化情况。三阶矩表示为:

$$s_x = \left[\frac{1}{N} \sum_{y=1}^N (P_{xy} - \mu_x)^3 \right]^{1/3} \quad (3)$$

式(3)描述了绘画图像的斜度信息。由于不同的颜色分量具有不同的特点, 因此在进行美术绘画图像颜色特征提取时, 需要将其分为 2 部分进行处理^[9]: 对美术绘画图像的 RGB 色彩分量进行提取、对其 HSV 色彩分量进行提取。笔者提出的是先将 RGB 分量转换为 HSV 分量, 再将 HSV 分量转换回 RGB 分量。在进行这一过程时, 需要注意彩色图像在经过 RGB 通道转换后会出现一阶微分现象, 而笔者提出的方法是采用一阶微分对其进行消除。至此完成美术绘画图像颜色分量的提取。

1.2 基于边缘复杂度进行色彩编码

对于美术绘画图像来说, 深度图的内部色彩模式较多, 影响了特征提取的效果; 因此需要对深度图的内部色彩进行编码, 保护尖锐边缘的完整性, 提升特征提取的精度^[10-12]。不同的色彩空间, 对图像的处理方法也不一样。在 RGB 色彩空间中, 其亮度和饱和度分别用 R、G、B 表示。对于 R 和 G 来说, 可以用相应的色相来表示; 而对于 B 来说, 则是用色度来表示。如果要对不同的色彩空间进行处理, 需要分别对 R、G、B 3 种颜色分量进行处理。而对于 RGB 色彩空间中, 则是用 R、G、B 3 种分

量的值来表示颜色。可以通过对 R、G、B 3 种颜色分量进行简单的处理, 得到它们各自的色度分量值。笔者基于边缘复杂度, 对图像色彩进行编码^[13]。边缘复杂度可以从边缘强度和边缘方向 2 方面进行描述。在边缘强度的描述过程中, 使用的是 Sobel 算子, 将边缘的延伸方向量化为水平和垂直 2 个方向, 如图 1 所示。

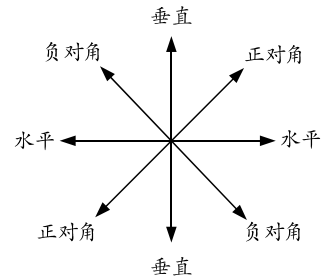


图 1 边缘延伸方向

图 1 中, 水平空间滤波器表示为:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

垂直空间滤波器为:

$$G_y = \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

对绘画图像进行卷积, 并利用计算得到的水平梯度值和垂直梯度值进行计算, 得到边缘强度:

$$|G| = |G_x| + |G_y| \quad (6)$$

对于边缘方向来说, 根据得到的边缘强度进行计算:

$$\theta = \arctan(G_y / G_x) \quad (7)$$

式中 θ 为边缘方向角, 当提取到的样本点为边缘像素点时, 使用边缘方向能够有效对其进行识别。而对于 RGB 色彩空间中的处理方法, 只需要将 RGB 三色通道的值进行简单地相加即可得到它们各自的色度分量值。至此完成基于边缘复杂度的图像色彩编码。

1.3 设计色彩特征提取流程

在获取到以上色彩编码后, 设计色彩特征的提取流程, 具体内容如下:

1) 数据收集。美术绘画图像采集设备需选用可采集美术绘画图像的手机, 如华为、OPPO 等, 并采集绘画背景的图像信息, 如光照强度、颜色等^[14]。

2) 数据预处理。对采集到的美术绘画图像进行

预处理, 去除不必要的干扰信息, 如去除噪声、去除颜色相近的物体、去除对比度较大的区域等。

3) 构建色彩特征模板。使用基于 Canny 算子和 Hough 变换方法的边缘提取方法对采集到的美术绘画图像进行边缘提取, 构建出色彩特征模板, 并将其与色彩特征模板进行对比。对获取到的色彩特征模板进行计算, 计算出对应于不同颜色空间的灰度均值、灰度标准差、梯度均值和梯度标准差等特征参数。

4) 数据分类与特征提取。利用基于 Canny 算子和 Hough 变换方法的边缘提取方法对不同颜色空间上的特征进行提取, 得到不同颜色空间上的图像特征向量, 利用主成分分析方法对不同颜色空间上的特征向量进行降维处理, 将不同颜色空间上的图像特征向量进行聚类分析, 得到分类结果。

5) 数据存储与分类识别。将分类结果按照一定标准进行数据存储, 利用主成分分析方法对数据进行降维处理, 得到主成分得分矩阵, 根据主成分得分矩阵选择最优主成分并将其作为分类结果^[15]。通过对数据进行分类识别, 获得最终色彩特征向量, 并将其作为最终色彩特征向量。

6) 输出结果展示。利用 Matlab 软件对所获得的色彩特征向量进行可视化展示, 根据展示结果可清晰地查看绘画图像中各类色彩和色彩空间的分布情况及色彩分布随时间变化的趋势等信息。至此完成基于边缘复杂度的美术绘画图像色彩特征提取方法的设计。

2 实验

2.1 实验设计

为了验证本文中所设计基于边缘复杂度的色彩特征提取方法在实际应用过程中的有效性, 实验过程设备选择拥有 i9-13900H 标压处理器, 32 GB 内存, 1TB 固态硬盘, Windows11 的 ThinkBook 16p, 配合最新版本的 Matlab R2023a 作为实验软件, 兼容性更好, 保证实验理想运行。实验过程中登录中国油画网, 随机选取 500 幅画作, 分别涵盖人物画 160 幅、风景画 170 幅和静物画 170 幅。每个类别选取 10 幅作为测试样本, 利用 RGBA 加法混色法, 组合 HSV、HIS、YUV 色彩模型进行色彩验证, 提取油画中的颜色和特征对油画进行识别分类。为了验证本文中方法提取色彩特征的可行性, 通过实验过程中的准确率和检出率 2 个维度进行判定。其中

准确率的计算公式为:

$$P = \frac{G_1}{G_1 + G_2} \quad (8)$$

式中: G_1 为样本中准确分类的画作数量; G_2 为分类错误数量。其中检出率的计算公式为:

$$R = \frac{G_1}{N} \quad (9)$$

式中 N 为样本量。在以上的实验环境和设计思路下, 分别使用本文中设计的色彩特征提取方法、基于 HSV 的色彩特征提取方法、基于 HIS 的色彩特征提取方法、基于 YUV 的色彩特征提取方法和基于混合颜色空间的色彩特征提取方法共同进行测试, 并将测试结果进行对比与分析。

2.2 实验结果对比与分析

在上述实验设计下, 得到本文中基于边缘复杂度的美术绘画图像色彩特征提取方法和油画内容的分类识别结果, 部分识别图像的结果如图 2 所示。



(a) 人物分类



(b) 风景分类



(c) 静物分类

图 2 美术绘画图像识别结果

利用本文中所选择的测试集数据, 分析不同方法下的准确率, 如表 1 所示。

表 1 不同色彩空间结合纹理提取的准确率 P %

色彩空间	人物画	风景画	静物画
基于 HSV 的特征提取方法	83.66	84.73	85.21
基于 HIS 的特征提取方法	84.19	84.58	83.74
基于 YUV 的特征提取方法	82.57	83.49	83.86
基于混合颜色空间的特征提取方法	87.83	87.91	88.13
本文中方法	91.42	90.33	92.32

不同方法下的检出率如表 2 所示。

表 2 不同色彩空间结合纹理提取的检出率 R %

色彩空间	人物画	风景画	静物画
基于 HSV 的特征提取方法	84.01	83.98	84.94
基于 HIS 的特征提取方法	83.94	83.71	84.53
基于 YUV 的特征提取方法	83.58	83.46	83.82
基于混合颜色空间的特征提取方法	86.39	88.25	87.61
本文中方法	81.27	82.43	85.07

从表 1 和 2 中可以看出，准确率与检测率之间存在互相制约的关系。为了更加明显地看出方法之间的差别，引入一个参数来平衡准确率和检出率，计算公式如下：

$$F_1=2PR/(P+R)。(10)$$

根据表 1 和 2 中的数据，结合公式进行计算，得到的结果如图 3 所示。

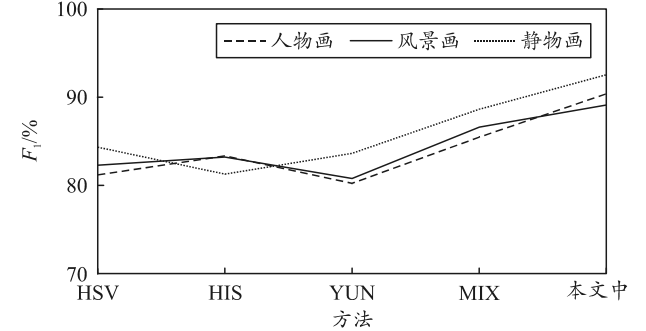


图 3 画作内容分类 F1 值对比结果

从图 3 中的折线走势可以看出，笔者设计的基于边缘复杂度的美术绘画图像色彩特征提取方法在不同类型的绘画图像中分类结果更好。通过实验中所 得数据可以看出：传统的 HSV、HIS、YUV 特征提取方法中，准确率及检出率不高，一般维持在 83%~84%；添加混合颜色空间后，准确率及检出率有所提高，保持在 86%~88%；在采用本文中设计的图像色彩特征提取方法后，F1 值指标得到明显提高，说明本文中方法在识别时间方面较传统检查更为细致。

将测试集的美术绘画中不同绘画类型的作品进行混合，分别选取 100 幅水彩画、100 幅油画和 100 幅素描，同样采用上文所述的色彩空间及判定标准进行测试。得到的准确率及检出率如表 3 和 4 所示。

表 3 不同色彩空间结合纹理提取的准确率 P %

色彩空间	油画	水彩画	素描
HSV	85.02	85.19	84.74
HIS	83.98	84.25	83.06
YUV	84.13	83.55	84.28
混合颜色空间	87.31	87.43	87.23
RGBA 加法混色法	91.45	92.07	91.85

表 4 不同色彩空间结合纹理提取的检出率 R %

色彩空间	油画	水彩画	素描
HSV	84.87	83.39	84.52
HIS	83.63	84.46	83.17
YUV	84.45	83.25	84.33
混合颜色空间	87.04	87.58	87.41
RGBA 加法混色法	92.12	92.03	91.66

将表 3 和 4 中的数据进行计算，得到各个方法下的 F1 值变化曲线如图 4 所示。

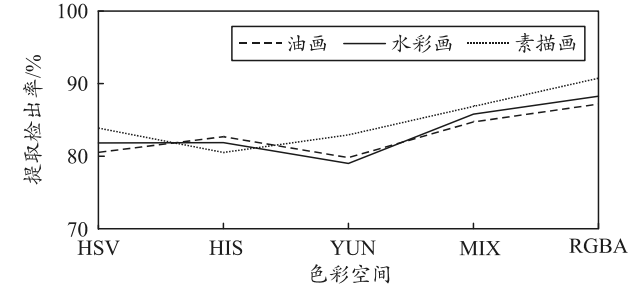


图 4 画作风格分类 F1 值对比结果

从图 4 中的折线走势可以看出：笔者设计的基于边缘复杂度的美术绘画图像色彩特征提取方法，在实际应用中具有良好的分类效果。验证了该方法的有效性。

3 结束语

在实际应用中，使用计算机对绘画作品进行色彩特征提取，由于存在噪声干扰、光照不均匀等因素的影响，导致提取出的色彩特征参数存在一定程度的缺失；因此，笔者提出了一种基于边缘复杂度的美术绘画图像色彩特征提取方法。该方法在实验中得到了良好的性能验证，但是也存在不足，在以后的研究中需要进一步深入研究美术绘画图像颜色特征提取方法，并针对实际应用中出现的问题对其进行改进。

参考文献：

[1] 郑志强, 胡鑫, 翁智, 等. 基于改进 DenseNet 的牛眼图像特征提取方法[J]. 计算机应用, 2021, 41(9): 2780-2784.

[2] 赵逸超, 王皖, 焦明星. 基于自适应阈值的齿轮干涉图像前景区域提取方法[J]. 应用光学, 2023, 44(2): 345-353.

[3] 钱宇华, 卢佳佳, 王克琪, 等. 基于信息多重蒸馏的轻量化低照度图像增强方法[J]. 山西大学学报(自然科学版), 2021, 44(5): 887-896.

[4] 曲洪权, 魏冰冰, 张正, 等. 基于 FDM 能量熵的特征提取方法及其在光纤振动识别中的应用[J]. 激光与光电子学进展, 2021, 58(7): 168-175.