

基于 Hu 不变矩的垃圾分类和识别

黄浩然

河南农业大学, 河南 郑州 450002

摘要 随着工农业的发展和水平的提高,产生的垃圾数量也急剧增长,对人类的生活和健康造成不同程度的危害。为了削弱垃圾污染对环境的影响,快速实现对垃圾的分类是至关重要的。近年来,机器学习和人工智能的快速发展,为实现高效的垃圾分类和检测提供了新的途径。首先将收集到的图像进行图像预处理,其次提取 Hu 不变矩和颜色空间特征作为特征向量,最后建立相似性得分评价体系,其中相似性得分反映了待检测图像和目标图像的相似程度,从而实现垃圾的有效检测和分类。

关键词 垃圾分类;Hu 不变矩;颜色空间特征;机器学习

中图分类号 TP391.41

DOI 10.19769/j.zdhy.2020.08.028

0 引言

自 21 世纪以来,在经济生活水平得到了巨大提升的同时也带来了垃圾的爆炸式增长^[1]。然而在每年产生的垃圾中,仅有非常少量的垃圾可以回收利用,大多数的垃圾都被排放到海洋或进行填埋与焚烧处理。它们带来了严重的水污染、空气污染和土壤污染,对人类的生活和健康造成不同程度的危害。为了减轻垃圾对人类的生活的影响,提高垃圾回收利用率,快速高效的垃圾分类显得尤为重要。近年来,机器学习、人工智能的快速发展已经对许多行业做出了革命性的改进,而环境与计算机的交叉学科同样具有良好的发展前景^[2]。通过有效构建垃圾图像数据库,搭建垃圾图像搜索引擎,利用图像中的关键信息,对垃圾进行快速的识别具有重要的现实意义。本文首先计算目标图像和待检索图像的 7 个 Hu 不变矩^[3]和 12 个颜色空间特征^[4]作为该图像的特征向量,给定目标图像和待检索图像的相似性度量方法,从而有效检索出与目标物体相似的图像,实现垃圾的快速分类和识别。

1 识别算法

1.1 图像预处理

为了实现灵活、高效的检测,充分提取图像的自身特征是关键。本文提取图像的颜色、纹理、边缘特征等来实现对目标物体的检索。然而图像变换如旋转和尺度的变化均会引起图像的像素变化,从而产生分类结果误差。而鉴于不变矩的特征具有高稳定性和速度快等优点,因此选择不不变矩作为特征向量来实现垃圾识别。本文首先将收集到的图像存为 jpg 格式,然后进行以下图像预处理^[5]。

1.1.1 灰度化

实际生活中采集到的垃圾图像一般为 RGB 图像,即其中每个像素值由 3 个数值来共同确定。而灰度图像是一个数据矩阵,大大减少了计算量。因此将收集的 RGB 图像转为灰度图像,其 RGB 和灰度化图像均采用 uint8

类型矩阵。

1.1.2 二值化

将灰度图进行二值化处理,突出图像轮廓的同时进一步减少计算量。同时为了减轻图像大小的不同对不变矩特征值的影响,进行尺度归一化。

1.1.3 边缘检测和提取

首先,对二值图像使用 sobel 算子^[6]提取边缘,跟踪边缘得到外轮廓图像。其次,对外轮廓进行平滑、自适应二值化和细化处理。

1.2 垃圾图像特征提取

1.2.1 几何矩

将垃圾图像经过预处理后得到的图像提取其 Hu 矩特征,假设垃圾图像函数为 $f(x, y)$,可以求得 $(p+q)$ 阶几何矩 m_{pq} 为:

$$m_{pq} = \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^M x^p y^q f(x, y) \quad (1)$$

其中, N 和 M 分别是图像的高度和宽度,即像素点数目。前十个几何矩均具有一定的物理意义,比如:零阶矩(m_{00})为物体的面积,一阶矩(m_{10} 和 m_{01})中可以表示物体的质心,二阶矩(m_{20} , m_{02} , m_{11})表示物体的旋转半径,三阶矩(m_{30} , m_{03} , m_{12} , m_{21})可用于形容物体的方向。然而图像发生变化时, m_{pq} 也发生变化,因此选择一阶矩的质心为原点,得到中心矩:

$$\mu_{pq} = \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^M (x - x_0)^p (y - y_0)^q f(x, y) \quad (2)$$
$$p, q = 0, 1, 2, \dots$$

式中, (x_0, y_0) 表示该图像的质心坐标。中心矩具有平移不变性,但依然对图像大小很敏感。为解决不变矩的比例不变性,需要将所有待识别的图像化为相同大小,因此定义如下公式计算归一化中心矩:

$$y_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{(\mu_{00})^r}, r = \frac{p+q+2}{2} \quad (3)$$

通过归一化中心矩计算得到的垃圾图像不变矩具有平移不变性、与图像大小无关等优点。

收稿日期:2020-05-06

作者简介:黄浩然(2001—),男,河南省商丘市人,河南农业大学本科在读。

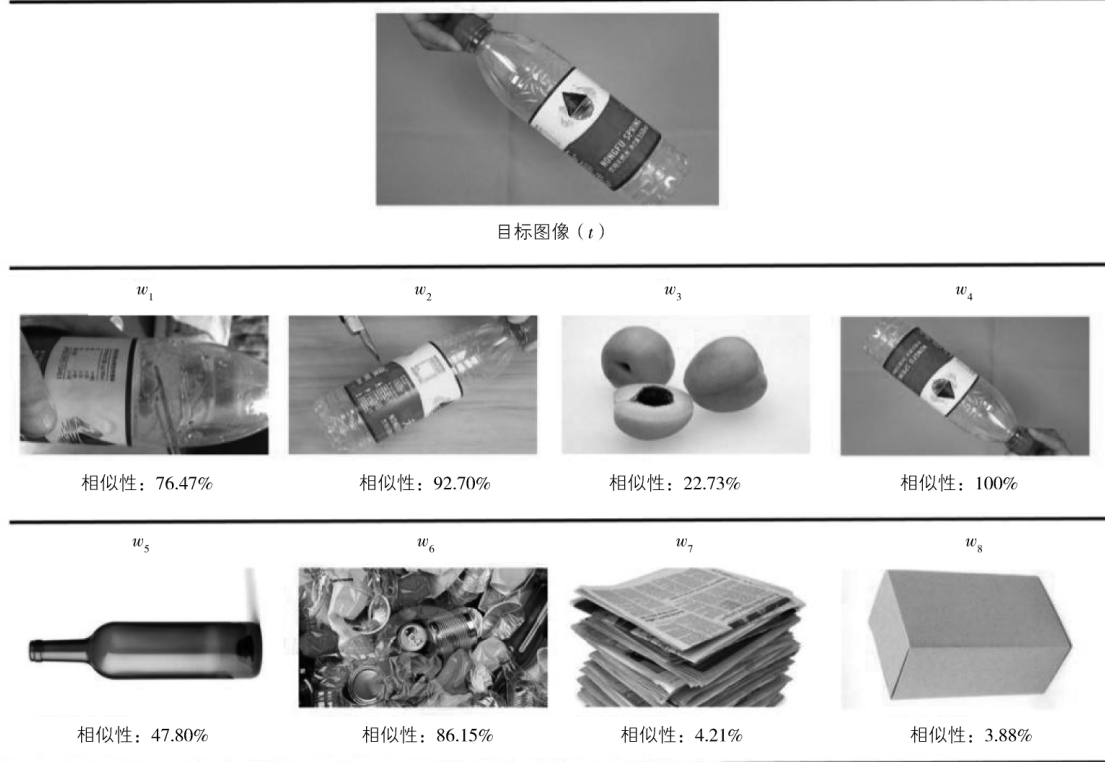


图1 实验结果

1.2.2 Hu 矩

Hu 几何矩具有平移、旋转和尺度不变性。7 个 Hu 矩是由二阶和三阶归一化中心矩组成的,其定义如下:

$$\begin{aligned}
 I_1 &= y_{20} + y_{02} \\
 I_2 &= (y_{20} - y_{02})^2 + 4y_{11}^2 \\
 I_3 &= (y_{30} + y_{12})^2 + (3y_{21} - y_{03})^2 \\
 I_4 &= (y_{30} + y_{12})^2 + (y_{21} + y_{03})^2 \\
 I_5 &= (y_{30} - 3y_{12})(y_{30} + y_{12})(y_{30} + y_{12})^2 - 3(y_{21} + y_{03})^2 \\
 &\quad + (3y_{21} - y_{03})(y_{21} + y_{03})[3(y_{30} + y_{12})^2 - (y_{21} + y_{03})^2] \\
 I_6 &= (y_{20} - y_{02})[(y_{30} + y_{12})^2 - (y_{21} + y_{03})^2] \\
 &\quad + 4y_{11}(y_{30} + y_{12})(y_{21} + y_{03}) \\
 I_7 &= (3y_{21} - y_{03})(y_{30} + y_{12})[(y_{30} + y_{12})^2 - 3(y_{21} + y_{03})^2] \\
 &\quad - (y_{30} - 3y_{12})(y_{21} + y_{03})[3(y_{30} + y_{12})^2 - (y_{21} + y_{03})^2]
 \end{aligned} \quad (4)$$

通过式(4)得到的 7 个 Hu 不变矩具有旋转不变性的优点。对给定的一幅待检测垃圾图像计算其 Hu 矩,得到该垃圾图像的特征值矩阵,提取其特征值作为该图像模板向量的初值。

1.2.3 HSV 颜色空间特征提取

任何一种颜色在计算机中形成不同的色彩空间,选择合适的颜色空间是检测识别的关键。常用色彩空间有 RGB、HSV 和 YCbCr 空间。RGB 空间在实际生活中应用最为广泛,但 RGB 空间求得的距离度量与人们观察得到的有差异,因此将收集的 RGB 图像转为 HSV 空间。对转换得到的 H、S、V 三个分量分别进行 8 个量级、3 个量级、3 个量级的非等间隔量化。得到特征向量 L :

$$L = 9H + 3S + V \quad (5)$$

对特征向量 L 进行 12 个量级量化,统计各量级出现

的概率作为提取得到的 12 个颜色空间特征。

1.2.4 相似性计算

将得到的 7 个 Hu 不变矩和 12 个颜色空间特征作为该图的总特征,计算目标图像(t)和待检测图像(w_j)的 19 个特征。分别计算目标图像和待检测图像的 7 个 Hu 不变矩和 12 个颜色空间特征的差的平方和 S_1, S_2 :

$$\begin{aligned}
 S_{1j} &= \sum_{i=1}^7 (t_i - w_{ij})^2 \quad j=1,2,3,\dots \\
 S_{2j} &= \sum_{i=1}^{12} (t_i - w_{ij})^2
 \end{aligned} \quad (6)$$

待检测图像与目标图像差异性越小,其相似性越高。该待检测图像的相似性得分 P 为:

$$\begin{aligned}
 S &= 0.9S_1 + 0.1S_2 \\
 P &= 1 - S
 \end{aligned} \quad (7)$$

2 结果与分析

选择塑料垃圾瓶作为目标图像(t),8 个常见的生活垃圾作为待检测图像(w_j),所有收集到的图像的像素值为 660×370 ,图像和数据处理均在 MATLAB R2017b 中进行。根据特征提取算法求得 8 张图片(如图 1 所示)的 S_1, S_2 和 P 的得分值,如表 1 所示。

对于不同的垃圾图像,经过预处理和特征提取等流程,可以得到每个待检测图像与目标图像的相似性得分。其中,待检测图像 w_8 是通过目标图像旋转得到的,其相似性为 100%。通过实验可以看出,选择 Hu 不变矩作为特征进行垃圾图像的检测具有旋转不变性、高准确率等特点。同时,塑料垃圾瓶图像 w_2, w_6 和 w_1 均取得了较高的相似性得分,而餐厨垃圾 w_3 、可回收纸盒 w_7 和 w_8

的相似度得分均比较低。通过设置合理的阈值,可以实现对垃圾的有效分类。

表 1 待检测图像相似性得分

图像	S_1	S_2	$P(\%)$
w_1	4.46×10^{-8}	0.760	76.47
w_2	2.28×10^{-9}	0.947	92.70
w_3	1.71×10^{-7}	0.976	22.73
w_4	0	0	100
w_5	1.10×10^{-7}	1.031	47.80
w_6	2.32×10^{-8}	0.636	86.15
w_7	2.16×10^{-7}	0.990	4.21
w_8	2.18×10^{-7}	0.912	3.88

3 讨论

随着科技的进步和信息检索需求的不断增加,传统的人工分拣垃圾已经远远不能满足人们的需求,因此研究对垃圾的自动化检测和分类对垃圾回收和处理具有重要意义。为此,众多研究学者提出使用基于内容的图像检索方法,通过提取图像的颜色、纹理、边缘特征结合已有的相似度计算方法,实现对目标的检索,从而提高执行效率。本文利用几何矩具有旋转、平移和尺度不变性等优点,采用基于 Hu 不变矩提取图像中的关键信息,将 7

个 Hu 不变矩和 12 个颜色空间特征作为特征向量,实现对垃圾图像的检测和识别。实验结果表明,该算法可以有效检索出相似的图像,具有一定的实用价值。

参考文献

- [1] 王琛,李晴,李历欣.城市生活垃圾产生的影响因素及未来趋势预测——基于省际分区研究[J].北京理工大学学报(社会科学版),2020,22(1):49-56.
- [2] 姜喆.人工智能在环境监测中的应用[J].节能与环保,2020(Z1):99-100.
- [3] 闫鹏浩,石章松,吴鹏飞.基于 Hu 矩的无人直升机着舰标志识别方法[J].火力与指挥控制,2019,44(10):178-182.
- [4] 付长斐,叶宾,李会军.基于 HSV 颜色空间的运动目标识别[J].控制与信息技术,2020(2):70-74.
- [5] 王云艳,周志刚,罗冷坤.基于 Sobel 算子滤波的图像增强算法[J].计算机应用与软件,2019,36(12):184-188.
- [6] 阮秋琦.数字图像处理学[M].北京:电子工业出版社,2001.
- [7] 闫欢兰,陆慧娟,叶敏超,等.结合 Sobel 算子和 Mask R-CNN 的肺结节分割[J].小型微型计算机系统,2020,41(1):161-165.
- [8] 郝成成,张洁,余萍.基于小波分解和 Hu 不变矩的图像检索算法[J].东莞理工学院学报,2018,25(5):22-27.
- [9] 董立峰.基于 Hu 矩和支持向量机的静态手势识别及应用[D].武汉:武汉理工大学,2012.

(上接第 73 页)

的推荐系统在多数情况下的效果。MKR 算法指标如图 6 所示,不同算法 AUC 一段时间评分对比如图 5 所示。

表 3 MKR 算法指标

Models	F1	AUC	p-value
MKR	68.9 ± 1.5	65.9 ± 1.2	0.098
ALS	61.8 ± 2.1 (-10.3%)	59.7 ± 1.8 (-9.4%)	0.036

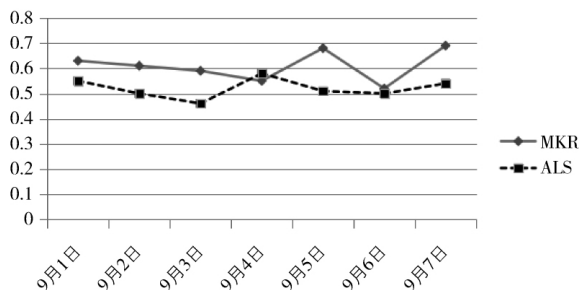


图 5 不同算法 AUC 一段时间评分对比图

知识图谱作为一种新兴类型的辅助信息和人工智能技术分支,无论在产业界还是学术界都备受关注。近几年图情领域对知识图谱在图书馆推荐系统中的应用研究取得了一定的成果,伴随着新技术的飞速发展,未来可继续引入深度学习模型,深化和扩展知识图谱,并通过结合推荐算法、机器学习、AutoML 等技术,提升推荐系统的可信赖度,从而更好地促进图书馆智能化和个性化服务能力。

参考文献

- [1] 王中伟,袁杭萍,孙毅,等.面向军事信息服务的智能推荐技术[J].指挥控制与仿真,2019(4):114-119.
- [2] 王炎.数据挖掘技术下的个性化智能推荐系统设计[J].微型电脑应用,2019(2):119-121.
- [3] 田蕊.互联网+时代下图书馆的发展与挑战探讨[J].科技风,2019(2):67.
- [4] 范志强,赵文涛.改进的基于内容的协同过滤电影推荐算法[J].信息与电脑(理论版),2019(13):42-43.