

The Application of Two-Time Recognition on the Work Piece Detection

Xiaoyue Wan, Hua Ye*, Weiwei You

School of Automation, Southeast University, Nanjing Jiangsu
Email: *zhineng@seu.edu.cn

Received: Jul. 25th, 2016; accepted: Aug. 11th, 2016; published: Aug. 17th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

According to the work piece detection problems based on the machine vision system on the industrial pipeline, an effective two-time recognition algorithm based on template matching is proposed. Before recognition, the template library in which each template has a set of features should be established. First, the point matching recognition is used to compare the collected image and all the template images in the library one by one, during which the gray value of the pixels is compared and the first matching coefficient is recorded. Then, the feature matching is used to compare the feature area of the collected image and the templates, and the second coefficient is recorded. The final matching coefficient is added by the first matching coefficient and the second one. The highest matching coefficient will be outputted as the result. The experimental results show that the method is simple and efficient with high accuracy.

Keywords

Work Piece Detection, Two-Time Recognition, Template Matching

二次识别算法在工件识别中的应用

万潇月, 叶 桦*, 尤卫卫

东南大学自动化学院, 江苏 南京
Email: *zhineng@seu.edu.cn

收稿日期: 2016年7月25日; 录用日期: 2016年8月11日; 发布日期: 2016年8月17日

*通讯作者。

摘要

针对工业流水线上机器视觉系统工件识别的问题，提出了一种有效的基于模板匹配的二次识别算法。在识别之前，根据已知工件建立模板库并对每个模板提取一组特征组合。一次识别采用基于像素点的匹配算法，计算待匹配图像与模板图像的像素点灰度值的整体相似性，作为一次识别系数；二次识别采用基于特征的匹配算法，计算待匹配图像与模板图像的特征区域的细节吻合性，作为二次识别系数。综合两次识别系数，两者之和最大者为最佳匹配结果。实验结果表明，本文的方法简单有效且识别率高。

关键词

工件识别，二次识别，模板匹配

1. 引言

工件识别是工业流水线上必不可少的步骤，其目的在于获得工件的分类、定位信息[1]，以使用机器人进行分拣作业。近年来，为了提高生产效率，采用机器人替代人工劳动力越发受到重视，工件识别是分拣作业的重要步骤之一，如何提高工件识别的准确性显得尤为重要。

目前主流的工件识别方法主要有两类：一类是基于模板的匹配算法；另一类是基于学习的分类器设计的算法，以神经网络和支持向量机为代表[2]-[5]。前者实现简单，适用于分类对象已知的情况；后者原理复杂，训练成本高，分类结果可控度不高，适用于分类规则不明显的情况。

本文的分拣系统具有工件种类少，但是识别准确率要求高的特点。假设实验流水线仅包含图 1 所示的两种工件，为了降低实现的复杂度并且提高结果的准确度，本文采用模板匹配算法[6] [7]。模板匹配算法的重点在于需要预先建立模板库，再将待识别的工件图像与模板进行匹配即可得出结果，其整体流程如图 2 所示，将图像进行预处理之后根据匹配策略得出匹配结果。



Figure 1. The original work piece

图 1. 工件原始图像

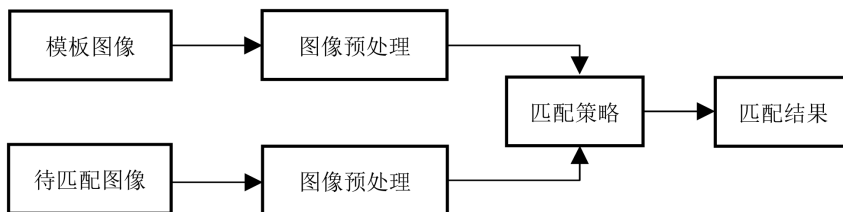


Figure 2. The flow chart of template matching

图 2. 模板匹配流程图

目前的模板匹配策略主要有两类：基于像素点灰度相关的匹配和基于特征的匹配。其中前者计算精度高、抗干扰能力强，但是对于相似的两个工件，识别结果会出现偏差，难以取舍；后者基于工件的个性，能够区分出相似的工件，且计算速度比较高，但是由于使用的是由数据集映射得到的特征集数据，存在特征集的优选问题。本文提出了一种结合两者的二次识别算法，在保证匹配准确性的基础上，又尽可能地提高了识别的速度。

2. 模板库的建立

工件的摆放姿态会影响机器臂的抓取动作，因此每种姿态需要单独建立模板，虽然本文的实验生产线只有两类工件，但是每类工件在生产线传送带上分别含有图3和图4所示的5种和3种稳定摆放姿态，最终本文建立的模板库如图12所示包含八种模板，依次按1~8编号。

3. 一次识别

一次识别流程如图5所示，主要步骤包括了高斯滤波、二值化、保留最大连通域、归一化和一次识别。

3.1. 高斯滤波

高斯滤波器是一种线性平滑滤波器，能够有效地去除服从正态分布的高斯噪声，其原理是根据高斯函数的形状选择权值作为该像素点对目标像素的贡献权值。本文涉及的系统主要是高斯噪声，所以采用高斯滤波对图像进行去噪处理。

3.2. 二值化

图像二值化的目的在于将目标和背景区分开来，有定阈值分割、局部阈值分割方法等。由于本文的系统保持采集图像的光照条件基本相同，可以采用定阈值分割方法。采用 OpenCV 库的定阈值函数 `cvThreshold()` 即可实现。图6所示为原始工件图像。图7所示结果为经过高斯滤波和二值化的图像。



Figure 3. Five stances of the first work piece

图3. 工件1 五种姿态



Figure 4. Three stances of the second work piece

图4. 工件2 三种姿态



Figure 5. The flow chart of one-time recognition

图5. 一次识别流程图



Figure 6. The original work piece

图 6. 原始工件图像



Figure 7. The image after Gaussian filter and binarization

图 7. 高斯滤波、二值化后的图像

3.3. 保留最大连通域[8]

经过去噪以及二值化的图像，仍然会存在一些较小的杂质，会影响后期识别，需要去除。本文采用了 OpenCV 库提供的漫水填充算法 `cvFloodFill()` 标记出各连通区域，采用排序算法找出最大的连通域并保留，结果见图 8。

3.4. 角度归一化和大小归一化

二值化后的工件图像的大小和角度不尽相同，会给后期识别匹配工作造成不必要的困扰，因此必须进行图像归一化的预处理。

本文截取图像的最小外接矩形，将该矩形的中心与质心相对比，并结合水平轴与其逆时针旋转碰到的该矩形的第一条边的夹角计算得出旋转角度，之后利用空间变换的方法将图像进行旋转实现和模板图像一样水平且质心靠左。

角度归一化后，删除全白行和全白列实现目标区域的分割，采用双线性插值算法将图像大小归一化为 110×60 ，结果见图 9。

3.5. 一次识别

一次识别采用基于像素点的匹配算法，计算匹配系数进行初步筛选。其基本思路为将待匹配图像按模板顺序与每个模板进行像素点灰度值的比较，计算相似率[9]，即为一次识别的匹配系数 R_i ：

$$R_i = \frac{\sum_0^M \sum_0^N S_i(m, n) * T(m, n)}{\sum_0^M \sum_0^N T(m, n)}$$

其中， i 表示模板的编号， S 表示模板图像， T 表示待匹配图像， M 、 N 为图像的宽和高。

本文随机采集了 1000 幅图像，对其进行一次识别，结果如表 1 所示。一次识别的准确率已经高达 97.5%，但是仍然存在误判的情况。

分析一次识别匹配系数可以发现，部分相似的工件容易混淆。以本该识别为 2 号模板的某工件图像为例，该一次识别结果误判为模板 3，仔细分析表 2 所示的一次识别匹配系数可以发现，该工件图像与模板 2、3 的匹配系数分别为 0.88、0.89，非常靠近，也就是说该图像匹配结果为模板 2 的可能性也非常高，并且还有可能为模板 4。针对这种匹配系数相近的情况，本文引入二次识别加以区分。



Figure 8. The image after maximum connected domain retention
图 8. 保留最大连通域后的图像



Figure 9. The image after normalization
图 9. 归一化后的图像

Table 1. The results of one-time recognition random test
表 1. 一次识别随机测试结果

采集图像数量/幅	匹配正确图像数量/幅	准确率/%
1000	975	97.5

Table 2. The first coefficient of one-time recognition error
表 2. 错误范例一次识别匹配系数

模板编号	1	2	3	4	5	6	7	8
匹配系数	0.57	0.88	0.89	0.80	0.67	0.62	0.75	0.66

4. 二次识别

4.1. 基本原理

二次识别采用基于特征的匹配算法，重点区分一次识别匹配系数相近的工件图像。其主要原理是对模板库中的每个模板提取一定数量的特征，构成特征组合[10]，将待匹配模板的特征组合区域与模板进行比较计算相似率，即为二次识别的匹配系数 R_2 。

二次识别的主要流程包含模板特征的提取和工件图像的识别两部分，其中模板特征的提取主要流程如图 10 所示，先提取特征组合，然后给每个特征分配匹配系数 x_j ，最后将特征信息存储入库。

4.2. 特征提取

由于本文采集的是工件的静态图像，不存在空间上的转换关系，并且经过图像预处理之后，图像只有黑白两种灰度，因此采用特征区域坐标、面积、特征灰度值作为特征信息。

提取的特征数量必须保证足够与其他模板相区分，针对本系统的模板库，选定了三个特征，平均分配每个特征的匹配系数为 0.33。若是增加模板，可适当增加特征数量以保证各模板的区分度。

选取模板特征时，需根据一次识别的结果对相似模板进行分析，突出相似模板之间的差异性，以表 2 显示的一次识别误判为例，该工件原图如图 11 所示，由于拍摄角度的问题，该工件在 1 区呈现为黑色的情况，导致跟模板 3 混淆。但是通过观察可以发现 2 区与 3 区依然保持着模板 2 的灰度特征，因此确定了图 12 所示的模板 2、模板 3 的 2、3 区的特征用以区分彼此。

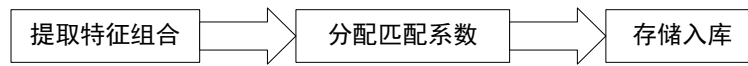


Figure 10. The flow chart of feature extraction
图 10. 特征提取流程图

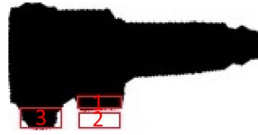


Figure 11. The binary image of one-time recognition error
图 11. 一次识别错误范例工件二值化图像

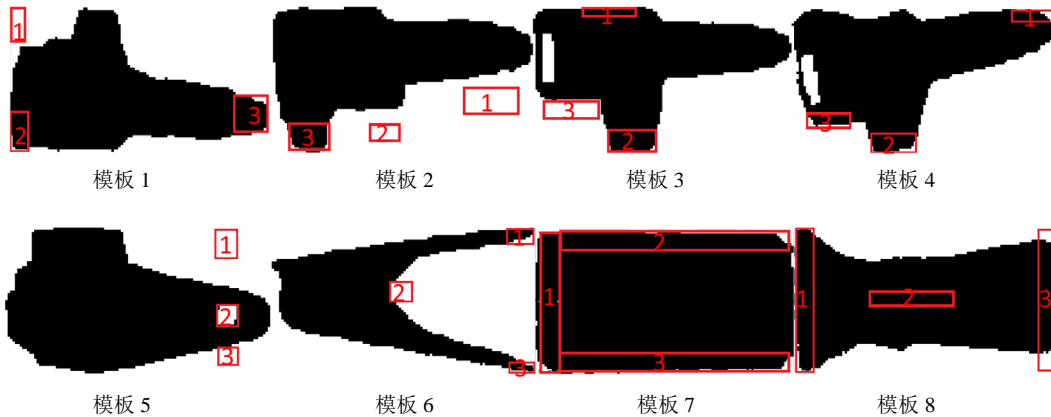


Figure 12. The template library
图 12. 模板库示意图

其余模板特征选取过程以此类推，最终本文八个模板的特征组合提取如图 12 中的红色矩形框标出区域所示。

4.3. 二次识别

工件图像的识别如图 13 所示，提取待匹配图像的特征区域信息，与模板进行比较，计算匹配率，其基本步骤包括：

- 1) 将一次识别匹配系数进行排序，若第一位的匹配系数大于 0.8，且与第二位相差 0.1 以上则直接输出一一次识别结果，否则提取与第一位匹配系数之差小于 0.1 的所有模板编号，转至步骤 2。
- 2) 依次将待匹配图像与步骤 1 中提取的编号对应的模板图像的特征组合区域进行特征信息对比。
- 3) 计算二次识别匹配系数： $R_{2i} = \sum_{j=1-3} n_{ij} * x_j$ (i 表示模板编号； n_{ij} 表示待匹配图像与 i 模板的 j 特征是否匹配，匹配为 1，否则为 0； $x_j = 0.33$)。
- 4) 综合考虑一次识别和二次识别，得出最终匹配结果： $R_i = R_{1i} + R_{2i}$ 。

4.4. 实验结果

为了验证二次识别的有效性，本文对上文提到的一次识别错误范例进行了二次识别，最终得到了如表 3 所示的结果。

由表 3 可知，经过二次识别之后，匹配结果正确，并且与其他模板的匹配率很低，不易混淆。待匹配图像与模板 3 和 4 的匹配系数分别为 0.89 和 1.13，与模板 2 的匹配系数分别相差了 0.99 和 0.75，有明

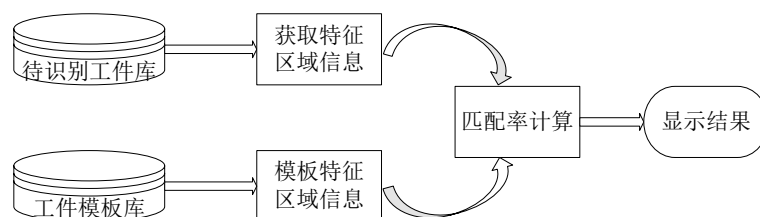


Figure 13. The flow chart of two-time recognition

图 13. 二次识别流程图

Table 3. The second coefficient of one-time recognition error

表 3. 错误范例二次识别匹配系数

模板编号	2	3	4	匹配结果
一次识别	0.88	0.89	0.80	模板 3
二次识别	1.88	0.89	1.13	模板 2

显的区分度。本文随机采集了 1000 幅工件图像进行测试，最终识别率高达 100%，由此可见二次识别弥补了一次识别不易区分相似工件的缺点，达到了本系统的既定目标。

5. 结论

本文针对工件识别问题提出了基于模板匹配的二次识别的方法，经实验证明取得了非常好的效果。一次识别根据有效区域像素点灰度值计算匹配率，体现了待匹配图像与模板的整体匹配度，然而由于拍摄角度的影响，存在待匹配图像与多个模板整体相似的情况，会出现误判。二次识别则根据特征区域的有效信息计算匹配率，针对一次识别匹配率相近的情况重点区分，去除误判。本文的方法相较基于像素点的模板匹配算法，准确率明显提高；相较基于特征的模板匹配算法，模板库的特征优选问题得以改善，弥补了两种模板匹配算法各自的缺点，实现了系统的目标。

本文的方法简单，识别率高，主要适用于工件种类较少的分拣作业场合。

参考文献 (References)

- [1] 李阳君. 基于视觉的工件识别定位方法的研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安理工大学, 2006.
- [2] 梁元月. 基于双目立体视觉的工件识别定位方法研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安理工大学, 2008.
- [3] Luo, Y., Chen, S.W., He, X.J. and Jia, X. (2013) Alphanumeric Character Recognition Based on BP Neural Network Classification and Combined Features. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, **6**, 1108-1115. <http://dx.doi.org/10.1080/18756891.2013.816162>
- [4] Chen, K., Wang, Y.C., Zhao, P., Banta, L.E. and Zhao, X.M. (2009) Aggregate Image Based Texture Identification Using Gray Level Co-Occurrence Probability and BP Neural Network. *Journal of Electronics (China)*, **26**, 428-432. <http://dx.doi.org/10.1007/s11767-008-0153-1>
- [5] Barbosa, R.M., de Paula, E.S., Paulelli, A.C., Moore, A.F., Souza, J.M.O., Batista, B.L., Campiglia, A.D. and Barbosa, F. (2016) Recognition of Organic Rice Samples Based on Trace Elements and Support Vector Machines. *Journal of Food Composition and Analysis*, **45**, 95-100. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2015.09.010>
- [6] 崔政, 李壮. 两种改进的模板匹配识别算法[J]. 计算机工程与设计, 2006, 27(6): 1083-1085.
- [7] 陆兴华, 梁建铭, 袁文聪, 郭梓俊. 一种融合角点特征匹配的人脸优化识别方法[J]. 计算机时代, 2016(3): 8-14.
- [8] 王安静, 陈玲, 宋建永, 金赞. 用 VC++ 实现图像连通区域标记[J]. 电脑编程技巧与维护, 2003(1): 74-77.
- [9] 杨曼, 贾立峰. 基于模板匹配的水泡识别研究[J]. 机械工程与自动化, 2016(2): 147-151.
- [10] 高菊, 叶桦. 一种有效的水表数字图像二次识别算法[J]. 东南大学学报, 2013, 43(s1): 153-157.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>