

基于AI识别技术的拆回计量器具自动化分拣方法

朱东骏¹,汪如毅²,江婷²,朱雨薪²,熊剑峰¹

(1. 国网浙江省电力有限公司 衢州供电公司,浙江 衢州 324002;
2. 国网浙江省电力有限公司 江山供电公司,浙江 江山 324100)

摘要:针对拆回计量器具自动化分拣效率低的问题,设计基于AI识别技术的拆回计量器具自动化分拣方法。输出拆回计量器具特征参数空间,并利用AI处理技术固定识别半径,利用Petri网格内的并发关系,建立分拣流程逻辑关系,固定分拣流程顺序,编码变量在逻辑关系中产生的转移概率,结合输出的拆回计量器具特征,构建一个基于特征的拆回计量器具自动化分拣算法,实现拆回计量器具自动化分拣方法设计。固定自动化分拣测试平台运行参数,设定AI识别空间坐标系。对比测试结果表明:该方法的分拣速度较快,分拣效果较佳。

关键词:AI识别技术;拆回计量器具;自动化分拣;匹配结构模块;参数空间;流程逻辑关系
中图分类号:TP242.6 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2023)03-0152-04

Automated Sorting Method for Dismantled Measuring Instruments Based on AI Recognition Technology

ZHU Dongjun¹, WANG Ruyi², JIANG Ting², ZHU Yuxin², XIONG Jianfeng¹

(1. Quzhou Power Supply Company, State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Quzhou 324002, China;
2. Jiangshan Power Supply Company, State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Jiangshan 324100, China)

Abstract: To improve the low efficiency of automatic sorting of dismantled measuring instruments, an automatic sorting method of dismantled measuring instruments based on AI recognition technology is designed. The output is returned to the feature parameter space of the instrument, the AI processing technology is used to fix the recognition radius, the concurrent relationship in Petri grid is applied to establish the logical relationship of the sorting process, the sequence of the sorting process is fixed, and the transition probability generated by the variable in the logical relationship is encoded. By combining with the output characteristics of the dismantled measuring instruments, a feature-based automatic sorting algorithm of dismantling measuring instruments is constructed to realize the design of the automatic sorting method of dismantled measuring instruments. The operating parameters of the automated sorting test platform is fixed, and the AI recognition space coordinate system is set. The comparative test results show that the sorting speed of the designed method is faster with better sorting effect.

Keywords: AI recognition technology; dismantled measuring instruments; automated sorting; matching structure module; parameter space; process logic relationship

0 引言

数字化发展进程不断加快,电网公司推进了数字化转型工作进程,在分拣拆回计量器具上展开了尝试和创新^[1]。从拆回的计量器具结构来看,多数分拣工作由人工支持,且集约化程度较低^[2],在实现重复利用时,人工处理产生大量污迹残留,重复利用计量器具困难。运用AI视频识别技术,智能识别拆回计量器具的状态^[3],并按照该状态,设定清洗工作指令以及对应的抛光打磨处理指令,实现协同管理过程。从创新的角度来看,自动化分拣处理工作改变了传统人工作业的模式^[4],提升了分拣的工作效率,采用标记表结构与库装结构结合的方式,实现了回收库容量的自动调节,增强了计量器具储存空间的

利用率。

随着自动化处理技术不断发展,含有分拣功能的机械臂结构应运而生^[5]。国外研究人员研究了多种逻辑控制程序,并通过视觉检测识别处理目标,标定处理目标状态后,实现自动分拣功能^[6]。国内研究视觉处理技术起步较晚,结合视觉导航技术,制定多种自由度方案,得到了多种分拣方案。文献[7]利用双目视觉处理技术,获取分拣物体的位置及深度信息,设计了分拣误差补偿方式,设计得到了多目标动态控制的分拣过程。文献[8]改进了传统的分拣过程,并设定了分类策略,形成了自动化分拣过程。

经过阶段性的应用可知,现有自动分拣方法的分拣速度较慢^[9],针对该应用性问题,以AI识别技术为支持,设计拆回计量器具自动化分拣方法。

1 基于 AI 识别技术的拆回计量器具自动化分拣方法

1.1 AI 识别拆回计量器具特征

在 AI 识别运行过程中,将拆回计量器具处理为参数空间,输出参数空间内的像素参数^[10],并输出一个固定半径的识别范围,数值关系可表示为

$$\frac{(x-a)^2}{(y-b)^2} = r^2 \quad (1)$$

式中: a, b 表示识别起始点的坐标; r 表示识别半径; x, y 表示识别中心坐标。利用 Hough 变换识别范围,并模拟输出参数空间,建立一个三维累加的数组,数值关系可表示为

$$O = \frac{A(a, b, r)}{H} + 1 \quad (2)$$

式中: $A(a, b, r)$ 表示建立的三维累加数组; H 表示 Hough 变换参数。按照实际输出的累加数组,在三维空间内设定 AI 识别变换时的数值对偶特征,变换过程如图 1 所示。

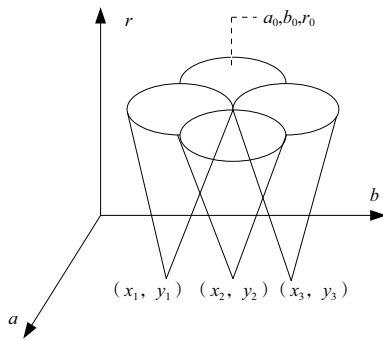


图 1 对偶变换输出过程

按照图 1 输出的变换输出过程,将一个坐标点对应的输出参数空间处理为特征获取窗口,标定特征窗口的平滑因子,将输出的参数作为拆回计量器具输出的识别特征^[11],利用输出的识别特征,采用 Petri 网络结构建立分拣流程的逻辑关系。

1.2 建立分拣流程逻辑关系

在上述特征参数影响下,利用 Petri 网络内的并发关系,输出拆回计量器具特征之间的关联关系,关联关系可表示为

$$C = \frac{O-I}{C^T} \quad (3)$$

式中: C 表示特征之间的关联函数; O 表示 Petri 网络内存在的并联关系; I 表示变迁序标的列向量; C^T 表示并联执行函数;上标 T 表示时间关联系数。根据 Petri 网络的可达性特点,以上述关联关系作为数值限制,标识网络运行结构内的状态,数值关系可表示为

$$M_0 = \frac{C \times U}{M} \quad (4)$$

式中: M_0 表示序标结构内的列向量; U 表示互斥活性参数; M 表示器具变迁状态参数。将状态参数作为分拣激活

事件^[12],按照并行的处理关系,形成的分拣并发逻辑如图 2 所示。

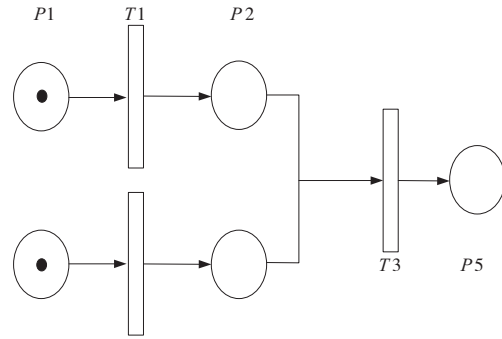


图 2 分拣并发逻辑结构

按照图 2 的并行任务事件结构,将 $T1, T2$ 作为变迁激活参数,根据分拣的顺序形成并发关系,并在 $P5$ 位置上产生托肯位置点,最终输出并发类型的分拣逻辑关系。在该逻辑关系控制下,确定分拣流程逻辑关系内的动态约束,最终实现拆回计量器具的自动化分拣。

1.3 实现自动化分拣过程

按照上述建立的分拣流程逻辑关系,定义拆回器具为一个变量,编码变量在逻辑关系中产生的转移概率,数值关系可表示为

$$P(t) = \begin{cases} \left[\frac{\eta(t)}{\sum_{s \in N} \eta_s} \right]^\gamma & N > 1 \\ 1 - \left[\frac{\eta(t)}{\sum_{s \in N} \eta_s} \right]^\gamma & N \leq 1 \end{cases} \quad (5)$$

式中: $P(t)$ 表示编码变量产生的转移概率; γ 表示重要程度因子; $\eta(t)$ 表示动态约束函数; η_s 表示静态约束函数; N 表示分拣抓取的转移次数。当分拣抓取转移次数 > 1 时,分拣运行处理了拆回计量器具,且分拣指令为抓取外环状态,容易产生误捡动作。为了控制对拆回计量器具产生的误捡,引入转移概念参数^[13],约束分拣产生的路径,数值关系可表示为

$$P(t)^k = \frac{P1(t)^k}{P2(t)^k} \times P(t) \quad (6)$$

式中: $P(t)^k$ 表示约束转移函数; $P1(t)^k, P2(t)^k$ 表示不同运行状态的分拣函数。控制分拣处理产生的误差后,按照确定的拆回计量器具特征参数,构建分拣匹配过程,数值关系可表示为

$$r(x, y) = \frac{P(t)^k}{\sum_{s=0}^N g_s} + G \quad (7)$$

式中: $r(x, y)$ 表示构建的分拣匹配函数; g_s 表示分拣不变距参数; G 表示分拣响应阈值。在实现自动化分拣处理时,将上述数值处理过程编写为上位机运行程序,按照拆回计量器具组织结构参数和设置的分拣并发逻辑结构特性,固定不同功能的分拣匹配系数^[14],最终实现自动化分拣处理过程。综合上述分析设计,最终完成对基于 AI 识别技术的拆回计量器具自动化分拣方法的设计。

2 实例测试

2.1 搭建自动化分拣测试平台

选定工件传动单元、图像采集单元、信息处理单元以及控制器单元,搭建分拣测试平台。工件传输单元选定三相交流电机作为分拣动力支持,并连接传输计量器具的传送履带。采用工业级别的相机以及光学镜头,连接图像采集卡,并在光学镜头的上侧设置光源。信息处理单元选定当前最新配置的计算机,并运行 AI 识别与分拣处理的算法,传递分拣指令信息至控制组件结构内,最终搭建的自动化分拣测试平台如图 3 所示。

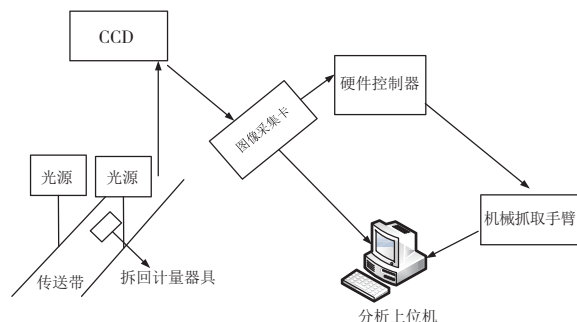


图 3 搭建的自动化分拣平台

在图 3 所示的自动化分拣结构内,将控制器直接连接至负责分拣的机械结构,采用标准规格的 RS-232 接口连接负责运行的计算机。在机械结构的末端放置电磁吸盘结构,实现分拣处理时不同路径的抓取。按照图 3 自动化分拣平台的规格需求,控制分拣平台的各项运行参数,如表 1 所示。

表 1 设定的平台运行规格参数

规格参数	x 轴	y 轴	z 轴	R 轴
分拣长度/m	240	150	120	—
分拣范围/(°)	±105	±80	—	±180
分拣速度/(m/s)	6.5	4.5	1.0	240
可重复精度/mm	±0.01	±0.01	±0.01	±0.01
电机功率/W	150	200	100	150

按照上述设定的平台运行规格参数,控制 Camshift 算法在上位机当中运行,待获取运动状态的拆回计量器具实时坐标后,调用串口助手将识别坐标转化为坐标数值,按照该数值关系,设定 AI 识别空间坐标系。

2.2 设定 AI 识别空间坐标系

整理串口转换形成的坐标数值,当控制器发送点对点的控制指令后,自动化分拣识别成像形成一个固定规格的网格结构,定义网格结构内的网格为一个像素点,形成的识别坐标范围如图 4 所示。

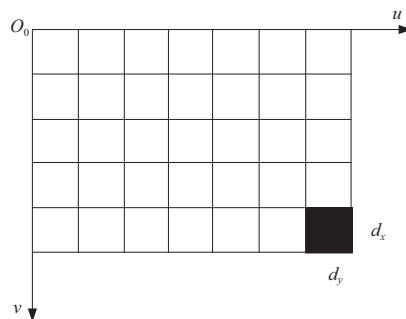


图 4 空间分拣识别坐标范围

在图 4 指定的识别坐标范围内,定义初始像素坐标为 O_0 ,随机标定坐标系中的像素点 d_x, d_y ,在识别像素轴范围内,设定数值转换关系,数值关系可表示为

$$\begin{cases} u = \frac{X}{d_x} + u_0 \\ v = \frac{Y}{d_y} + v_0 \end{cases} \quad (8)$$

式中: u, v 分别表示成像点坐标; u_0, v_0 表示初始图像坐标; X, Y 分别表示定义的平行轴参数。按照上述设定的数值转换关系,调试上位机运行的 Camshift 算法,算法将拆回计量器具处理为一个整体件,并在实验平台内按照一定的间隔放置拆回计量器具,严格设置运行参数,在空间范围内产生分拣动作,如图 5 所示。

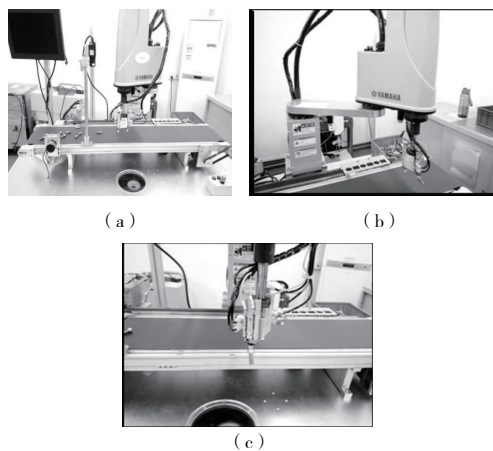


图 5 空间范围内产生的分拣

按照图 5 空间范围内产生的分拣动作,准备 15 组待分拣处理的拆回计量器具,设置相同的器具实际摆放方式,准备基于机器视觉的分拣方法、基于路径搜索的分拣方法以及设计的分拣方法参与测试,对比 3 种分拣方法的性能。

2.3 最优分拣路径长度测试

默认 3 种分拣环境下实际拆回计量器具保持相同的待分拣状态,按照算法支持的分拣处理动作,控制上位机迭代运行相同数量的处理算法,形成分拣路径后,按照图 4 识别坐标结构,输出 3 种自动化分拣方法的分拣路径,如图 6 所示。

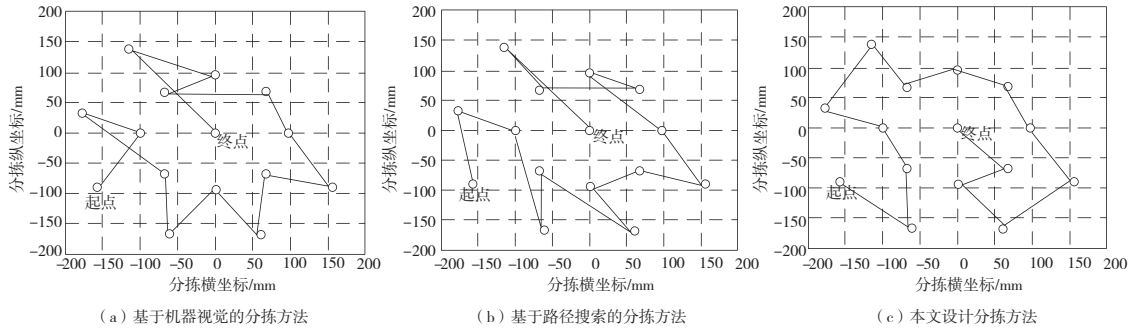


图 6 3 种分拣方法产生的分拣路径

在设置的空间分拣识别坐标范围内,固定 15 个计量器具的位置,设置器具的分拣起点与终点后,固定单位坐标的坐标长度,调用 3 种分拣方法规划器具的分拣路径。根据图 6 的分拣结果可知,基于机器视觉分拣方法产生的路径较长,在其中两个节点处产生了反复运动的情况;基于路径搜索分拣方法产生的分拣路径最长,在两处节点位置均产生的反复运动,实际分拣产生的路径长度最长;本文设计的自动化分拣方法产生的分拣路径最短,并未在节点处产生往复运动的情况,分拣效果最佳。

2.4 分拣速度

按照上述输出的分拣路径长度结果,定义运行上述 1 次路径结构即为 1 次分拣处理过程,统计 1 次分拣处理形成的分拣时间,控制 3 种自动化分拣方法分拣运行 500 s,统计在该分拣运行时间范围内所分拣的拆回计量器具数量,定义分拣速度数值关系,可表示为

$$v = \frac{N_j}{T_j} \quad (9)$$

式中: v 表示计算得到的分拣速度; N_j 表示分拣运行时间内分拣的器具数量; T_j 表示设置的分拣时间。按照上述数值关系,整理 3 种分拣方法的分拣结果如图 7 所示。

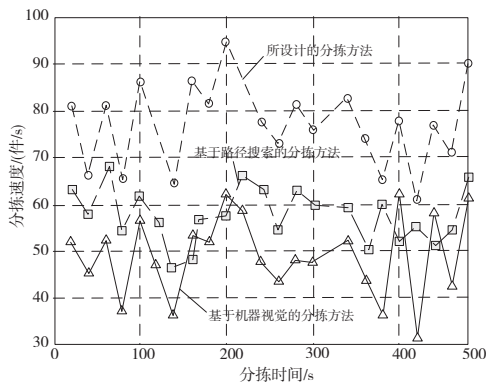


图 7 3 种分拣方法的分拣速度结果

按照上述定义的分拣速度数值关系,整理 3 种分拣方法的分拣速度,取分拣速度的均值作为最终的分拣结果。由速度均值可知,基于机器视觉分拣方法的分拣速度均值在 50 件/s 左右,分拣速度最慢;基于路径搜索分拣方法的分拣速度均值在 60 件/s 左右;本文设计的分拣方法的分拣速度均值在 75 件/s 左右,与两种参与测试的分拣方

法相比,本文设计的分拣方法的分拣速度最快。

3 结语

现有分拣方法存在人工工作效率低、设备复用困难、库容配置不灵活、数据价值难挖掘以及资产管理较粗放等问题,对此,利用 AI 识别技术,按照物流行业内的智能分拣技术,将 Petri 网格内的并发关系引入 AI 处理技术的分拣并发逻辑空间中,依据编码变量在逻辑关系中产生的转移概率,进行拆回计量器具自动化分拣,有效改善现有问题。

参考文献:

- [1] 余娜娜,李铁克,王柏林,等. 自动化分拣仓库中多 AGV 调度与路径规划算法[J]. 计算机集成制造系统,2020,26(1):171-180.
- [2] 黄辉,商纪玲,李信哲. 拆回电能表自动化分拣技术[J]. 今日自动化,2021(8):70-71.
- [3] 彭辉辉,刘飞飞,代云勇,等. 基于移动视觉的工业机器人分拣系统应用研究[J]. 现代电子技术,2020,43(20):26-30.
- [4] 镇璐,谭哲一,萧理阳,等. 面向双层自动分拣系统的包裹分拣优化模型与算法研究[J]. 中国管理科学,2021,29(7):171-180.
- [5] 王清玥,郭婷. 物料自动分拣系统对应 QR 码标签信息识别[J]. 计算机仿真,2021,38(5):393-397,466.
- [6] 韩东亚,陈然,余玉刚,等. 自动化立体仓库中出入库任务顺序与出库位置选择集成优化研究[J]. 中国管理科学,2020,28(10):156-164.
- [7] 曹刚,费佳浩,王鹏,等. 基于多机械臂协同的煤矸分拣方法研究[J]. 煤炭科学技术,2019,47(4):7-12.
- [8] 杨钰,杨磊,张晓楠. 一种应用于物流行业的自动分拣控制系统[J]. 哈尔滨理工大学学报,2019,24(4):71-77.
- [9] 彭刚,廖金虎. 插件元器件分拣机器人系统设计与实现[J]. 华中科技大学学报(自然科学版),2020,48(1):108-114.
- [10] 田志勇,裘信国. 基于 PLC 与 RFID 的物流自动分拣系统设计[J]. 现代制造工程,2020(3):157-160.
- [11] 易盼,赵立宏. S_pOF 取皿机械臂设计与虚拟样机仿真[J]. 机械制造与自动化,2020,49(1):118-122.
- [12] 胡国喜,王超,刘宇珩. 基于改进光滑滑模阻抗控制的水果分拣机械人夹持机构控制方法[J]. 食品与机械,2021,37(2):130-134.
- [13] 武一,田小森,张朝旭. 一种改进的 GRU-InFCN 人体行为识别模型[J]. 计算机应用与软件,2020,37(1):199-204.
- [14] 丁勇,李佳慧,唐士杰,等. 基于随机映射技术的声纹识别模板保护[J]. 计算机研究与发展,2020,57(10):2201-2208.

收稿日期:2021-11-19