(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 117745831 A
(43)申请公布日 2024.03.22

(21)申请号 202311852076.2

(22)申请日 2023.12.29

(71)申请人 浙江大学
地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 刘达新 刘振宇 谢超逸 张一飞 谭建荣

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公司 33200
专利代理师 林超

(51)Int.Cl.
G06T 7/73(2017.01)
G06T 7/00(2017.01)
G06T 7/11(2017.01)
G06T 7/136(2017.01)
G06N 3/0464(2023.01)
G06N 3/126(2023.01)
B25J 9/16(2006.01)

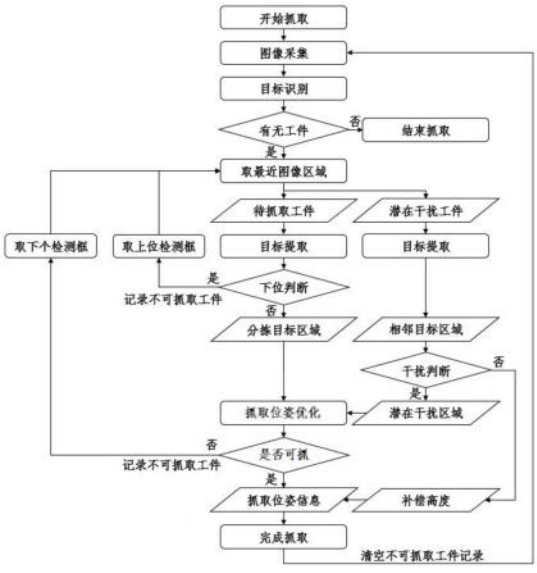
权利要求书3页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

一种考虑分拣目标相邻干扰的机器人抓取方法

(57)摘要

本发明公开了一种考虑分拣目标相邻干扰的机器人抓取方法。本发明包括以下步骤:首先,对抓取任务RGB图像进行分拣工件的识别和提取后,再结合分拣工件的上下位状态以及深度图像,确定最终的待抓取工件和对应的分拣目标区域、潜在干扰区域以及夹爪抓取点的补偿高度;接着,确定夹爪的抓取点搜索区域和实际干扰区域;然后,设置搜索约束条件后检测获得最优抓取位姿,进而控制机器人手臂的夹爪,实现待抓取工件的抓取,不断采集图像并抓取每张图像中对应的待抓取工件,直至图像中的工件抓取完毕。本发明获取的分拣工件抓取位姿在规避了机器人分拣任务中相邻干扰工件的同时兼顾分拣目标易抓性,具有较好的工程实用价值。



CN 117745831 A

1.一种考虑分拣目标相邻干扰的机器人抓取方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:采集抓取任务RGB图像和深度图像,对抓取任务RGB图像进行分拣工件的识别和提取后,确定初始待抓取工件;

步骤2:结合分拣工件的上下位状态以及深度图像,确定最终的待抓取工件和对应的分拣目标区域、潜在干扰区域以及夹爪抓取点的补偿高度;

步骤3:根据分拣目标区域和潜在干扰区域以及夹爪结构,确定夹爪的抓取点搜索区域和实际干扰区域;

步骤4:设置搜索约束条件,根据夹爪的抓取点搜索区域和实际干扰区域,结合搜索约束条件和夹爪抓取点的补偿高度进行抓取位姿检测,获得最优抓取位姿;如果无法生成最优抓取位姿,则当前待抓取工件不可抓取并选择当前任务RGB图像中其他待抓取工件作为新的待抓取工件,重复步骤2-步骤3以及进行抓取位姿检测,直至获得最优抓取位姿;进而控制机器人手臂的夹爪,实现待抓取工件的抓取;

步骤5:重复步骤1-步骤4,不断采集图像并抓取每张图像中对应的待抓取工件,直至图像中的工件抓取完毕,完成机器人抓取。

2.根据权利要求1所述的一种考虑分拣目标相邻干扰的机器人抓取方法,其特征在于,所述步骤1具体为:

步骤1.1:采集抓取任务RGB图像和深度图像;

步骤1.2:对抓取任务RGB图像进行目标识别,获得各分拣工件的检测框,将与机器人手臂的夹爪距离最近的检测框所在分拣工件作为初始待抓取工件,若没有识别到工件,则结束抓取。

3.根据权利要求1所述的一种考虑分拣目标相邻干扰的机器人抓取方法,其特征在于,所述步骤2具体为:

步骤2.1:结合分拣工件的上下位状态,对当前待抓取工件进行上下位判断后,确定最终的待抓取工件以及获得分拣目标区域和各相邻目标区域;

步骤2.2:基于分拣目标区域以及对应的深度图像,分别对各相邻目标区域进行干扰区域的判断,获得潜在干扰区域以及夹爪抓取点的补偿高度。

4.根据权利要求3所述的一种考虑分拣目标相邻干扰的机器人抓取方法,其特征在于,所述步骤2.1具体为:

步骤2.1.1:根据当前待抓取工件生成最近图像区域,进而确定待抓取工件对应的潜在干扰工件,提取最近图像区域中各工件的目标区域;

步骤2.1.2:判断当前待抓取工件所在目标区域中当前待抓取工件是否处于物理堆叠的下位状态,如果当前待抓取工件处于下位状态,则记为不可抓取工件,将其上位的工件作为新的待抓取工件;

步骤2.1.3:重复步骤2.1.1-步骤2.1.2,直至当前待抓取工件为最上位状态,将最终的待抓取工件所在的目标区域作为分拣目标区域,最终的潜在干扰工件所在的目标区域作为各相邻目标区域。

5.根据权利要求4所述的一种考虑分拣目标相邻干扰的机器人抓取方法,其特征在于,所述步骤2.1.1具体为:

对当前待抓取工件对应检测框的四周拓展后,获得初始夹爪框,如果存在与夹爪框相

交的检测框,则扩大夹爪框,使得与夹爪框相交的检测框包含在扩大的夹爪框中,将最终的夹爪框所在区域作为最近图像区域,接着将最近图像区域中除了当前待抓取工件所在检测框以外检测框所对应的工件记为潜在干扰工件。

6.根据权利要求3所述的一种考虑分拣目标相邻干扰的机器人抓取方法,其特征在于,所述步骤2.2具体为:

步骤2.2.1:对分拣目标区域与各相邻目标区域分别随机取点生成对应的点阵,利用深度相机的内外映射关系矩阵对所有点阵进行坐标系转换后,在深度图像中获得对应的点阵深度信息,进而获得对应的点阵高度信息;

步骤2.2.2:根据分拣目标区域和各相邻目标区域对应的点阵高度信息,将各相邻目标区域判定为潜在干扰区域和非潜在干扰区域以及获取夹爪抓取点的补偿高度。

7.根据权利要求6所述的一种考虑分拣目标相邻干扰的机器人抓取方法,其特征在于,所述步骤2.2.2具体为:

步骤2.2.2.1:根据分拣目标区域和各相邻目标区域对应的点阵高度信息,分别计算各相邻目标区域与分拣目标区域之间的高度差,计算公式如下:

$$h_t = \bar{h}_0(x,y) - max\{h_i(x,y)\}$$

其中,h_t表示第i个相邻目标区域与分拣目标区域之间的高度差,$\bar{h}_0(x,y)$表示分拣目标区域对应的点阵平均高度,$max\{h_i(x,y)\}$表示第i个相邻目标区域对应的点阵最大高度;

步骤2.2.2.2:当某个相邻目标区域与分拣目标区域之间的高度差小于等于高度差阈值h_T时,则将该相邻目标区域判定为潜在干扰区域,否则判定该相邻目标区域为非潜在干扰区域,并根据所有非潜在干扰区域的高度信息计算得到夹爪抓取点的补偿高度。

8.根据权利要求1所述的一种考虑分拣目标相邻干扰的机器人抓取方法,其特征在于,所述步骤3具体为:

步骤3.1:根据夹爪结构生成夹爪滑窗,夹爪滑窗中对应于夹爪末端部位的两侧区域记为抓取屏蔽区;夹爪滑窗可绕其中心点旋转,由夹爪滑窗的中心点坐标和旋转角度组成夹爪滑窗位姿;

步骤3.2:将分拣目标区域的最小外接矩形记为抓取点搜索区域,再将抓取点搜索区域的四周基于夹爪滑窗相关尺寸拓展后,形成滑窗搜索区域;

步骤3.3:对所有潜在干扰区域进行逐像素筛选,只保留存在于滑窗搜索区域内的像素,从而形成实际干扰区域;再将滑窗搜索区域内的分拣目标区域和实际干扰区域置不同灰度值标记,其他均为背景区域的像素,则置0。

9.根据权利要求1所述的一种考虑分拣目标相邻干扰的机器人抓取方法,其特征在于,所述步骤4中,搜索约束条件具体为:

对抓取点搜索区域逐像素搜索过程中,改变夹爪的抓取位姿时,其对应的夹爪滑窗内有分拣目标区域的像素但没有实际干扰区域的像素,且抓取屏蔽区内只有背景区域的像素。

10.根据权利要求1所述的一种考虑分拣目标相邻干扰的机器人抓取方法,其特征在于,所述步骤4中,利用遗传算法进行抓取位姿检测,在抓取位姿的检测过程中,当一个工件附近干扰区域过多时,则种群的总适应度为0,继而选择当前任务RGB图像的其他待抓取工

件中与机器人手臂的夹爪距离最近的检测框所在分拣工件作为新的待抓取工件;自然选择过程中达到终止条件后停止检测,将适应度最优的个体作为最优解并得到最优的夹爪滑窗位姿,结合夹爪抓取点的补偿高度后输出最优抓取位姿并控制机器人手臂的夹爪完成抓取;

其中,当每个个体对应的夹爪滑窗内没有分拣目标区域或有干扰区域,或抓取屏蔽区有非背景区域,则该个体满足定向灭绝,所述遗传算法的适应度函数满足以下公式:

$$f(x',y',\theta')=\begin{cases}0 & \text{定向灭绝}\\ \dfrac{h}{\sum_{j=1}^{h}\left|k_j-\bar{k}\right|}\times\dfrac{1}{|x'-x_t'|+|y'-y_t'|+1} & \text{其他}\end{cases}$$

其中,f(x′,y′,θ′)为每个个体的适应度,x_t',y_t'为滑窗内的分拣目标区域质心的两个坐标值,h为平行夹爪的夹爪爪宽,x′,y′为夹爪滑窗中心点的两个坐标值;k_j表示滑窗范围内的分拣目标区域在沿滑窗长边方向上的跨度,j的取值表示跨度计算时处于滑窗短边方向的不同位置;$\bar{k}$表示所有跨度k_j的平均值;||表示取绝对值。

一种考虑分拣目标相邻干扰的机器人抓取方法

技术领域

[0001] 本发明属于机器人技术领域的一种视觉分拣工件的抓取方法,特别是涉及了一种考虑分拣目标相邻干扰的机器人最优抓取位姿获取方法。

背景技术

[0002] 近年来机器人被越来越广泛地应用于各个领域,通过取代劳动强度大、重复性高、作业环境恶劣以及其他不需要或者不适合人类完成的工作,机器人技术得到了快速发展,具有很大的研究价值和应用前景。

[0003] 分拣是工业生产中一项常见而重要的工艺。通过机器人视觉分拣技术,分类整理流水线上摆放无序的工件、识别筛选带有缺陷的不合格产品等,生产效率得到显著提升。相比于传统的人工分拣,不仅避免了人为误差,而且具有很高的生产速度以及节约了任务成本。

[0004] 机器人视觉分拣中,机器人通过外部相机获取抓取任务的图像信息,确定工件类型及位置坐标,使用目标识别、目标提取、抓取位姿检测等视觉算法实现抓取,满足种类繁多、堆叠情况复杂的工件分拣任务要求。

[0005] 抓取作为工业机器人实现分拣的重要步骤,获取分拣工件准确的抓取位姿是完成抓取的关键。然而现有的抓取位姿检测方法中,中小工件的抓取往往只针对单一工件,没有考虑相邻工件的干扰影响;普通深度相机难以采集到小型工件的高分辨率图像,因而较难构建工件的三维点云实现6D抓取;基于深度学习的抓取方法同样也存在缺少工业环境中小型工件的公开数据集的问题,难以实现较高的检测精度。

发明内容

[0006] 本发明目的是针对上述现有技术中所存在的不足,主要是用于解决工业机器人实现分拣任务时受到相邻工件干扰,难以获取分拣工件最优抓取位姿的问题,提出了一种考虑分拣目标相邻干扰的机器人抓取方法,将工业相机的图像信息与普通深度相机的深度信息相结合,搜索出分拣目标的潜在干扰区域,在规避相邻干扰工件的同时兼顾分拣目标易抓性,获取分拣工件的最优抓取位姿,提高了抓取位姿检测结果的可行性。

[0007] 本发明的技术方案如下:

[0008] 步骤1:采集抓取任务RGB图像和深度图像,对抓取任务RGB图像进行分拣工件的识别和提取后,确定初始待抓取工件;

[0009] 步骤2:结合分拣工件的上下位状态以及深度图像,确定最终的待抓取工件和对应的分拣目标区域、潜在干扰区域以及夹爪抓取点的补偿高度;

[0010] 步骤3:根据分拣目标区域和潜在干扰区域以及夹爪结构,确定夹爪的抓取点搜索区域和实际干扰区域;

[0011] 步骤4:设置搜索约束条件,根据夹爪的抓取点搜索区域和实际干扰区域,结合搜索约束条件和夹爪抓取点的补偿高度进行抓取位姿检测,获得最优抓取位姿;如果无法生

成最优抓取位姿,则当前待抓取工件不可抓取并选择当前任务RGB图像中其他待抓取工件作为新的待抓取工件,重复步骤2-步骤3以及进行抓取位姿检测,直至获得最优抓取位姿;进而控制机器人手臂的夹爪,实现待抓取工件的抓取;

[0012] 步骤5:重复步骤1-步骤4,不断采集图像并抓取每张图像中对应的待抓取工件,直至图像中的工件抓取完毕,完成机器人抓取。

[0013] 所述步骤1具体为:

[0014] 步骤1.1:采集抓取任务RGB图像和深度图像;

[0015] 步骤1.2:对抓取任务RGB图像进行目标识别,获得各分拣工件的检测框,将与机器人手臂的夹爪距离最近的检测框所在分拣工件作为初始待抓取工件,若没有识别到工件,则结束抓取。

[0016] 所述步骤2具体为:

[0017] 步骤2.1:结合分拣工件的上下位状态,对当前待抓取工件进行上下位判断后,确定最终的待抓取工件以及获得分拣目标区域和各相邻目标区域;

[0018] 步骤2.2:基于分拣目标区域以及对应的深度图像,分别对各相邻目标区域进行干扰区域的判断,获得潜在干扰区域以及夹爪抓取点的补偿高度。

[0019] 所述步骤2.1具体为:

[0020] 步骤2.1.1:根据当前待抓取工件生成最近图像区域,进而确定待抓取工件对应的潜在干扰工件,提取最近图像区域中各工件的目标区域;

[0021] 步骤2.1.2:判断当前待抓取工件所在目标区域中当前待抓取工件是否处于物理堆叠的下位状态,如果当前待抓取工件处于下位状态,则记为不可抓取工件,将其上位的工件作为新的待抓取工件;

[0022] 步骤2.1.3:重复步骤2.1.1-步骤2.1.2,直至当前待抓取工件为最上位状态,将最终的待抓取工件所在的目标区域作为分拣目标区域,最终的潜在干扰工件所在的目标区域作为各相邻目标区域。

[0023] 所述步骤2.1.1具体为:

[0024] 对当前待抓取工件对应检测框的四周拓展后,获得初始夹爪框,如果存在与夹爪框相交的检测框,则扩大夹爪框,使得与夹爪框相交的检测框包含在扩大的夹爪框中,将最终的夹爪框所在区域作为最近图像区域,接着将最近图像区域中除了当前待抓取工件所在检测框以外检测框所对应的工件记为潜在干扰工件。

[0025] 所述步骤2.2具体为:

[0026] 步骤2.2.1:对分拣目标区域与各相邻目标区域分别随机取点生成对应的点阵,利用深度相机的内外映射关系矩阵对所有点阵进行坐标系转换后,在深度图像中获得对应的点阵深度信息,进而获得对应的点阵高度信息;

[0027] 步骤2.2.2:根据分拣目标区域和各相邻目标区域对应的点阵高度信息,将各相邻目标区域判定为潜在干扰区域和非潜在干扰区域以及获取夹爪抓取点的补偿高度。

[0028] 所述步骤2.2.2具体为:

[0029] 步骤2.2.2.1:根据分拣目标区域和各相邻目标区域对应的点阵高度信息,分别计算各相邻目标区域与分拣目标区域之间的高度差,计算公式如下:

[0030] $$h_t = \bar{h}_0(x,y) - max\{h_i(x,y)\}$$

[0031] 其中,h_t表示第i个相邻目标区域与分拣目标区域之间的高度差,$\bar{h}_0(x,y)$表示分拣目标区域对应的点阵平均高度,max{$h_i(x,y)$}表示第i个相邻目标区域对应的点阵最大高度;

[0032] 步骤2.2.2.2:当某个相邻目标区域与分拣目标区域之间的高度差小于等于高度差阈值h_T时,则将该相邻目标区域判定为潜在干扰区域,否则判定该相邻目标区域为非潜在干扰区域,并根据所有非潜在干扰区域的高度信息计算得到夹爪抓取点的补偿高度。

[0033] 所述步骤3具体为:

[0034] 步骤3.1:根据夹爪结构生成夹爪滑窗,夹爪滑窗中对应于夹爪末端部位的两侧区域记为抓取屏蔽区;夹爪滑窗可绕其中心点旋转,由夹爪滑窗的中心点坐标和旋转角度组成夹爪滑窗位姿;

[0035] 步骤3.2:将分拣目标区域的最小外接矩形记为抓取点搜索区域,再将抓取点搜索区域的四周基于夹爪滑窗相关尺寸拓展后,形成滑窗搜索区域;

[0036] 步骤3.3:对所有潜在干扰区域进行逐像素筛选,只保留存在于滑窗搜索区域内的像素,从而形成实际干扰区域;再将滑窗搜索区域内的分拣目标区域和实际干扰区域置不同灰度值标记,其他均为背景区域的像素,则置0。

[0037] 所述步骤4中,搜索约束条件具体为:

[0038] 对抓取点搜索区域逐像素搜索过程中,改变夹爪的抓取位姿时,其对应的夹爪滑窗内有分拣目标区域的像素但没有实际干扰区域的像素,且抓取屏蔽区内只有背景区域的像素。

[0039] 所述步骤4中,利用遗传算法进行抓取位姿检测,在抓取位姿的检测过程中,当一个工件附近干扰区域过多时,则种群的总适应度为0,继而选择当前任务RGB图像的其他待抓取工件中与机器人手臂的夹爪距离最近的检测框所在分拣工件作为新的待抓取工件;自然选择过程中达到终止条件后停止检测,将适应度最优的个体作为最优解并得到最优的夹爪滑窗位姿,结合夹爪抓取点的补偿高度后输出最优抓取位姿并控制机器人手臂的夹爪完成抓取;

[0040] 其中,当每个个体对应的夹爪滑窗内没有分拣目标区域或有干扰区域,或抓取屏蔽区有非背景区域,则该个体满足定向灭绝,所述遗传算法的适应度函数满足以下公式:

[0041] $$f(x',y',\theta')=\begin{cases}0 & \text{定向灭绝}\\ \dfrac{h}{\sum_{j=1}^{h}\left|k_j-\bar{k}\right|}\times\dfrac{1}{|x'-x_t'|+|y'-y_t'|+1} & \text{其他}\end{cases}$$

[0042] 其中,f(x′,y′,θ′)为每个个体的适应度,x_t',y_t'为滑窗内的分拣目标区域质心的两个坐标值,h为平行夹爪的夹爪爪宽,x′,y′为夹爪滑窗中心点的两个坐标值;k_j表示滑窗范围内的分拣目标区域在沿滑窗长边方向上的跨度,j的取值表示跨度计算时处于滑窗短边方向的不同位置;$\bar{k}$表示所有跨度k_j的平均值;||表示取绝对值。

[0043] 本发明的有益效果是:

[0044] 本发明每次只对与机器人手臂的夹爪距离最近的可抓取工件在其最近图像区域内进行抓取位姿检测,确保了机器人分拣作业效率的同时降低了抓取位姿检测的计算量;

[0045] 本发明通过判定相邻目标区域的潜在干扰工件是否对分拣目标区域构成干扰,结合抓取位姿的优化搜索规避了抓取框获取时容易受到相邻工件干扰的问题;

[0046] 本发明考虑相邻目标区域可能存在干扰的同时兼顾分拣目标易抓性,优化了分拣目标的抓取位姿,提高了抓取位姿检测结果的可行性。

附图说明

[0047] 图1为本发明所述一种考虑分拣目标相邻干扰的机器人抓取方法流程图;

[0048] 图2为本发明所述具体实施例的图像区域划分处理示意图,其中(a)为最近图像区域示意图,(b)为分拣目标区域和相邻目标区域示意图,(c)为深度图像点云生成示意图,(d)为潜在干扰区域示意图;

[0049] 图3为本发明所述具体实施例的抓取点搜索区域与抓取框生成示意图;

[0050] 图4为本发明所述具体实施例的遗传算法优化抓取位姿示意图;

[0051] 图5为本发明所述具体实施例的待分拣工件最优抓取位姿示意图。

具体实施方式

[0052] 本发明设计了一种考虑分拣目标相邻干扰的机器人抓取方法,为了使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。

[0053] 本发明方法的具体流程如图1所示,本具体实施例选用机器臂作为研究对象,平行夹爪作为末端抓取工具,海康工业相机和Intel RealSense深度相机作为图像传感设备。分拣工件有杯头长螺栓M4(f型工件)、止退垫圈M14(n型工件)、圆垫圈M4(i型工件)、六角螺栓M4(e型工件)、轴用卡簧M13(o型工件)和杯头螺栓M5(c型工件)。

[0054] 步骤1:工业相机和深度相机分别采集抓取任务RGB图像和深度图像,对采集获取的抓取任务RGB图像进行分拣工件的识别和提取后,确定初始待抓取工件;

[0055] 步骤1具体为:

[0056] 步骤1.1:采集抓取任务RGB图像和深度图像;

[0057] 步骤1.2:使用Faster R-CNN、RetinaNet、YOLO系列的目标识别网络对抓取任务RGB图像进行目标识别,获得各分拣工件的检测框,将与机器人手臂的夹爪距离最近的检测框所在分拣工件作为初始待抓取工件,若没有识别到工件,则结束抓取。

[0058] 步骤2:结合分拣工件的上下位状态以及深度图像,确定最终的待抓取工件和对应的分拣目标区域、潜在干扰区域以及夹爪抓取点的补偿高度;

[0059] 步骤2具体为:

[0060] 步骤2.1:结合分拣工件的上下位状态,对当前待抓取工件进行上下位判断后,确定最终的待抓取工件以及获得分拣目标区域和各相邻目标区域;

[0061] 步骤2.1.1:根据当前待抓取工件生成最近图像区域,进而确定待抓取工件对应的潜在干扰工件,提取最近图像区域中各工件的目标区域;

[0062] 步骤2.1.1具体为:

[0063] 对当前待抓取工件对应检测框的四周拓展1个夹爪外长后,获得初始夹爪框,如果存在与夹爪框相交的检测框,则扩大夹爪框,使得与夹爪框相交的检测框包含在扩大的夹

爪框中,将最终的夹爪框所在区域作为最近图像区域,如图2的(a)所示,夹爪框及其相交检测框范围取横、纵坐标最大值最小值,确定边界框范围,此范围内白色夹爪框与c检测框、e检测框、o检测框相交,取其与相交检测框范围内的横、纵坐标最大值最小值,即c检测框右边界对应的横坐标、夹爪框左边界对应的横坐标,以及o检测框下边界对应的纵坐标、夹爪框上边界对应的纵坐标,确定边界框范围。否则直接将初始夹爪框所在区域作为最近图像区域,接着将最近图像区域中除了当前待抓取工件所在检测框以外检测框所对应的工件记为潜在干扰工件。

[0064] 具体实施中,对最近图像区域进行降噪、增强、取反后再用最大类间方差法获取背景、前景区域分割阈值;基于背景、前景区域分割阈值,使用基于区域分割与分类合并的改进算法,对待抓取工件、潜在干扰工件所在检测框进行目标提取,分别输出对应的稀疏化目标区域。其中,基于区域分割与分类合并的改进算法为,先经标记分水岭变换获得较碎片化的分水岭区域,达到初步的分割堆叠目标效果,再通过亲和传播聚类将碎片化的分水岭区域整合成更大的聚类区域,根据聚类区域与检测框的隶属关系,依次判定聚类区域集合中的区域元素的归属检测框,对归属同一检测框的区域进行合并。稀疏化目标区域为对像素已进行连通域标记的二值图像转为COO格式存储数据的稀疏矩阵,以压缩二维数组形式存储的大量无用信息。

[0065] 步骤2.1.2:判断当前待抓取工件所在目标区域中当前待抓取工件是否处于物理堆叠的下位状态,如果当前待抓取工件处于下位状态,则记为不可抓取工件,将其上位的工件作为新的待抓取工件,否则直接输出最终的待抓取工件以及获得分拣目标区域和各相邻目标区域;

[0066] 步骤2.1.3:重复步骤2.1.1-步骤2.1.2,直至当前待抓取工件为最上位状态,将最终的待抓取工件所在的目标区域作为分拣目标区域,最终的潜在干扰工件所在的目标区域作为各相邻目标区域,如图2的(b)所示,分拣目标区域对应杯头长螺栓M4(f型工件);相邻目标区域1、2、3、4和5分别对应止退垫圈M14(n型工件)、圆垫圈M4(i型工件)、六角螺栓M4(e型工件)、轴用卡簧M13(o型工件)和杯头螺栓M5(c型工件)。

[0067] 步骤2.2:基于分拣目标区域以及对应的深度图像,分别对各相邻目标区域进行干扰区域的判断,获得潜在干扰区域以及夹爪抓取点的补偿高度;

[0068] 步骤2.2具体为:

[0069] 步骤2.2.1:对分拣目标区域与各相邻目标区域分别随机取点生成对应的点阵,如图2的(c)所示,利用采用九点标定法获得的深度相机的内外映射关系矩阵对所有点阵进行坐标系转换后,在深度图像中获得对应的点阵深度信息,进而获得对应的点阵高度信息;

[0070] 步骤2.2.1中,每个点阵高度信息的计算公式如下:

[0071] $h(x,y)=d(x,y)-d_0$

[0072] 其中,h(x,y)为点阵中坐标为(x,y)的高度,d(x,y)为点阵中坐标为(x,y)的深度,d_0为工作台无工件时的平均深度。

[0073] 步骤2.2.2:根据分拣目标区域和各相邻目标区域对应的点阵高度信息,将各相邻目标区域判定为潜在干扰区域和非潜在干扰区域以及获取夹爪抓取点的补偿高度。

[0074] 步骤2.2.2具体为:

[0075] 步骤2.2.2.1:根据分拣目标区域和各相邻目标区域对应的点阵高度信息,分别计

算各相邻目标区域与分拣目标区域之间的高度差,计算公式如下:

[0076] $$h_t = \bar{h}_0(x,y) - max\{h_i(x,y)\}$$

[0077] 其中,h_t表示第i个相邻目标区域与分拣目标区域之间的高度差,$\bar{h}_0(x,y)$表示分拣目标区域对应的点阵平均高度,max{h_i(x,y)}表示第i个相邻目标区域对应的点阵最大高度;

[0078] 步骤2.2.2.2:当某个相邻目标区域与分拣目标区域之间的高度差小于等于高度差阈值h_T时,该相邻目标区域的工件可能会对目标工件抓取过程造成干扰,则将该相邻目标区域判定为潜在干扰区域,如图2的(b)中的相邻目标区域1、3、5最终形成图2的(d)所示的潜在干扰区域1、2、3,这3块区域的工件高度与待分拣工件接近或更高;否则,在目标工件抓取过程中,只需将夹爪抬高一定补偿高度即可避免该相邻目标区域的工件干扰,判定该相邻目标区域为非潜在干扰区域,如图2的(b)中的相邻目标区域2、4,这两块区域的高度远低于待分拣工件,并根据所有非潜在干扰区域的高度信息计算得到夹爪抓取点的补偿高度。

[0079] 根据所有非潜在干扰区域的高度信息计算得到夹爪抓取点的补偿高度Δh,具体公式如下:

[0080] $\Delta h = max\{h_i'\} + \Delta h'$

[0081] 其中,h_i'为第i个非潜在干扰区域的点阵最大高度,max{}表示取最大值,Δh′为避撞因子,避免夹爪与非潜在干扰区域的碰撞。

[0082] 本实施例中,设定高度差阈值h_T=3mm,避撞因子Δh′=0.5mm。杯头长螺栓M4(f型工件)潜在干扰区域1、2、3在图像中如图2的(d)所示,抓取补偿高度Δh=1.5mm。

[0083] 步骤3:根据分拣目标区域和潜在干扰区域以及夹爪结构,确定夹爪的抓取点搜索区域和实际干扰区域;

[0084] 步骤3具体为:

[0085] 步骤3.1:根据夹爪结构生成矩形夹爪滑窗,夹爪滑窗的大小为(w+2b)×h,w、b、h分别为平行夹爪的张开距离、夹爪爪厚和夹爪爪宽,夹爪滑窗的中心即为夹爪抓取点的水平投影位置,夹爪滑窗中对应于夹爪末端部位的两侧区域记为抓取屏蔽区,每一侧的抓取屏蔽区大小为b×h;夹爪滑窗可绕其中心点旋转,由夹爪滑窗的中心点坐标和旋转角度组成夹爪滑窗位姿;

[0086] 步骤3.2:将分拣目标区域的最小外接矩形记为抓取点搜索区域,再将抓取点搜索区域的四周基于夹爪滑窗相关尺寸拓展$\sqrt{h^2/4 + (w/2+b)^2}$后,形成滑窗搜索区域;具体实施中,以分拣目标区域最小外接矩形的短边与x轴正方向所成锐角记为最小外接矩形的方向角θ,将最小外接矩形的方向角θ作为抓取主方向,如图3的(a)和图3的(b)所示。

[0087] 步骤3.3:对所有稀疏化潜在干扰区域进行逐像素筛选,只保留存在于滑窗搜索区域内的像素,从而形成实际干扰区域;对稀疏化的分拣目标区域和干扰区域进行围绕最小外接矩形中心作反抓取主方向-θ的旋转变换,重新形成矩阵图像形式,再将滑窗搜索区域内的分拣目标区域和实际干扰区域置不同灰度值标记,其他均为背景区域的像素,则置0。

[0088] 步骤4:设置搜索约束条件,根据夹爪的抓取点搜索区域和实际干扰区域,结合搜

索约束条件和夹爪抓取点的补偿高度进行抓取位姿检测,获得最优抓取位姿;如果无法生成最优抓取位姿,则当前待抓取工件不可抓取并选择当前任务RGB图像中其他待抓取工件作为新的待抓取工件,重复步骤2-步骤3以及进行抓取位姿检测,直至获得最优抓取位姿;进而控制机器人手臂的夹爪,实现待抓取工件的抓取;本发明通过遗传算法优化节约对抓取点搜索区域滑窗搜索的时间,避开干扰区域的同时提高工件的易抓性,确定最优抓取位姿。

[0089] 步骤4中,搜索约束条件具体为:

[0090] 对抓取点搜索区域逐像素搜索过程中,改变夹爪的抓取位姿时,其对应的夹爪滑窗内有分拣目标区域的像素但没有实际干扰区域的像素,且抓取屏蔽区内只有背景区域的像素。

[0091] 步骤4中,利用遗传算法进行抓取位姿检测,在抓取位姿的检测过程中,当一个工件附近干扰区域过多时,即该工件不可抓取,可能出现初始种群团灭的情况,则种群的总适应度为0,继而选择当前任务RGB图像的其他待抓取工件中与机器人手臂的夹爪距离最近的检测框所在分拣工件作为新的待抓取工件,后续对当前任务RGB图像中其他工件进行抓取检测;自然选择过程中达到终止条件后停止检测,将适应度最优的个体作为最优解并得到最优的夹爪滑窗位姿,结合夹爪抓取点的补偿高度后输出最优抓取位姿并控制机器人手臂的夹爪完成一次抓取。

[0092] 遗传算法中,当每个个体对应的夹爪滑窗内没有分拣目标区域或有干扰区域,或抓取屏蔽区有非背景区域,则该个体满足定向灭绝,遗传算法的适应度函数满足以下公式:

[0093] $$f(x',y',\theta')=\begin{cases}0 & \text{定向灭绝}\\ \dfrac{h}{\sum_{j=1}^{h}\left|k_j-\bar{k}\right|}\times\dfrac{1}{|x'-x_t'|+|y'-y_t'|+1} & \text{其他}\end{cases}$$

[0094] 其中,f(x′,y′,θ′)为每个个体的适应度,x_t',y_t'为滑窗内的分拣目标区域质心的两个坐标值,h为平行夹爪的夹爪爪宽,x′,y′为夹爪滑窗中心点的两个坐标值;k_j表示滑窗范围内的分拣目标区域在沿滑窗长边方向上的跨度,j的取值表示跨度计算时处于滑窗短边方向的不同位置;$\bar{k}$表示所有跨度k_j的平均值;||表示取绝对值。

[0095] 本实施例通过遗传算法进行最优抓取位姿搜索的具体过程如图4的(a)-图4的(d)所示:

[0096] 建立种群:定义夹爪滑窗为个体,其位姿即基因表征为(x′,y′,θ′),其中(x′,y′)为夹爪滑窗的中心点坐标,θ′为夹爪滑窗的旋转角度。在N_{xy}组(x′,y′)基因表征的基础上,对基因θ′作离散处理,取(-90°,90°]隔30°的值即{-60°,-30°,0°,30°,60°,90°}6个值,初始化种群大小为$N=6N_{xy}$。

[0097] 自然选择:先检查每个个体滑窗内是否没有分拣目标区域或有干扰区域,或抓取屏蔽区有非背景区域,如果是则说明该个体对应抓取位姿无法抓取,即个体适应度等于0,定义此情况为定向灭绝;考虑个体对应抓取位姿下目标的易抓性,抓取位置应尽可能平整无太大起伏且尽可能保证抓取点靠近目标工件中间位置,即滑窗范围内的分拣目标区域在沿滑窗长边方向上的跨度的算数平均差越小越好且(x′,y′)与滑窗内的分拣目标区域质心坐标(x_t',y_t')的曼哈顿距离越小越好,设计抓取位姿的易抓性函数作为自然选择的适应度

函数：

[0098] $$f(x',y',\theta')=\begin{cases}0 & \text{定向灭绝}\\ \dfrac{h}{\sum_{j=1}^{h}\left|k_j-\bar{k}\right|}\times\dfrac{1}{|x'-x_t'|+|y'-y_t'|+1} & \text{其他}\end{cases}$$

[0099] 随机选择幸存个体前，进行团灭判断。如果一个工件附近干扰区域过多，可能出现初始种群团灭的情况，此时总适应度为0，输出不可抓取，对后续其他工件进行抓取检测，待周边干扰工件被抓走后，该工件才会被抓取。

[0100] 采用赌轮盘选择法随机选择幸存个体，种群中第1个个体能够被选中生存下来的概率P_1为其适应度$f_1(x',y',\theta')$在种群总适应度中所占份额：

[0101] $$P_l=\frac{f_l(x',y',\theta')}{\sum_{i=1}^{N}f_i(x',y',\theta')}$$

[0102] 每次选择前先保留适应度最大的个体，再用以上概率选择出N-1个幸存个体，保存个体及其适应度，进入繁衍环节，适应度高的个体存活几率更大。

[0103] 基因重组：在上一轮幸存个体中随机配对两个个体进行基因重组，一次只产生一个新个体。个体a与个体b两者繁衍出的后代c采用算数重组方式形成其新的基因表征(x_c',y_c',θ_c')：

[0104] $x_c'=\omega_x x_a'+(1-\omega_x)x_b'$

[0105] $y_c'=\omega_y y_a'+(1-\omega_y)y_b'$

[0106] $\theta_c'=\omega_\theta\theta_a'+(1-\omega_\theta)\theta_b'$

[0107] 其中第一-第三重组因子$\omega_x,\omega_y,\omega_\theta\in[0,1]$，由系统随机给出。本实施例中，最优抓取点不止一个，不会出现最终个体适应度集中于局部最优解的问题，因此无需加入基因突变过程。

[0108] 终止条件与输出：每一轮自然选择结束时检查自然选择次数是否达到设定次数或总适应度与上一轮总适应度变化率小于设定阈值时，输出当前适应度最高个体基因表征即最优滑窗位姿(x_m',y_m',θ_m')。

[0109] 将(x_m',y_m',θ_m')围绕分拣目标区域最小外接矩形中心做抓取主方向θ的旋转变换，得到工业相机像素坐标系下的最优滑窗位姿(x_m,y_m,θ_m)，如图5所示，再经过映射变换并加入补偿高度后转化为工件坐标系下的抓取位姿信息，控制机器人手臂的夹爪完成抓取。

[0110] 步骤5：重复步骤1-步骤4，不断采集图像并抓取每张图像中对应的待抓取工件，即将堆叠布置的工件从上到下依次进行抓取，直至图像中的工件抓取完毕，完成机器人抓取。

[0111] 以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

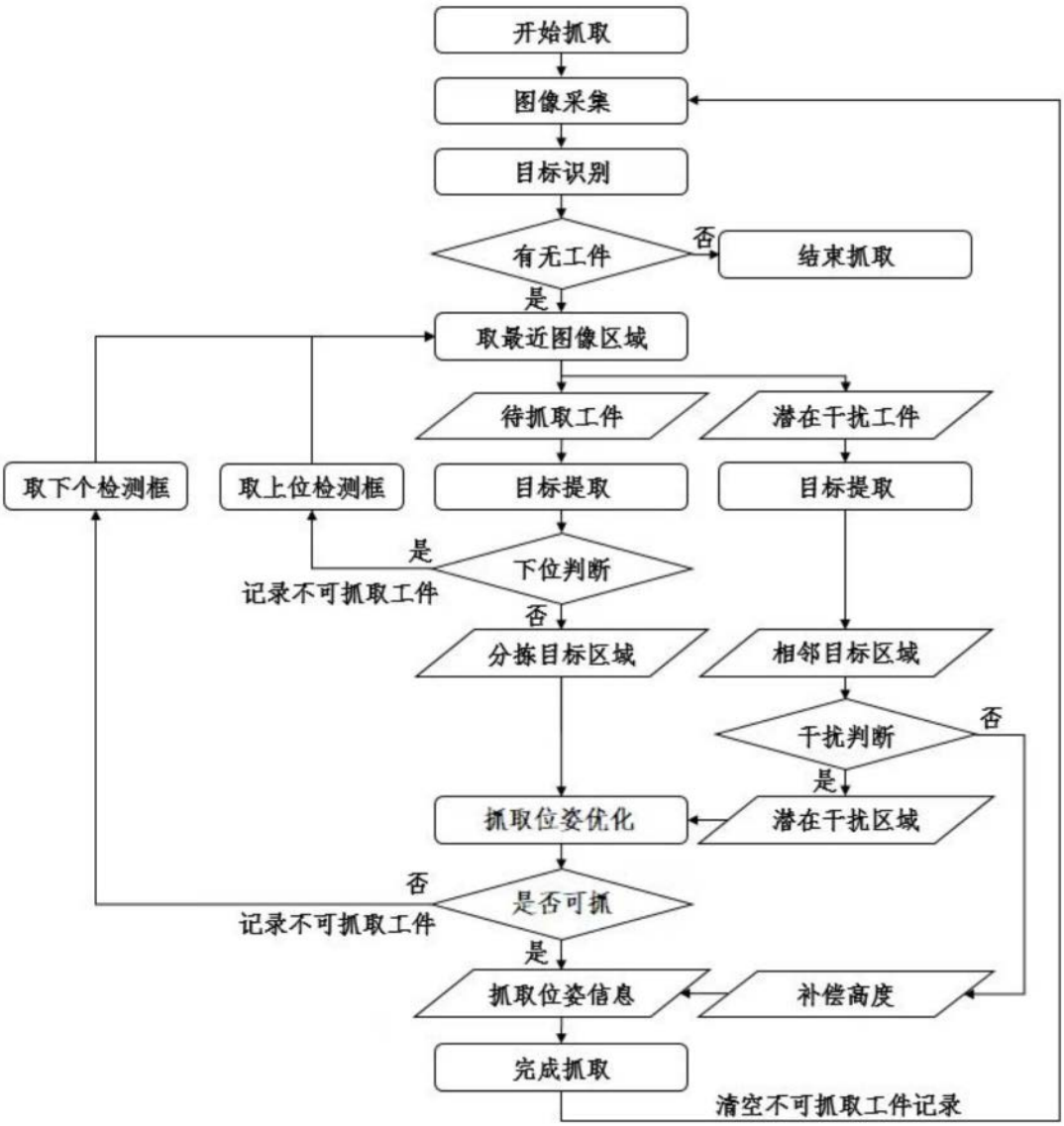
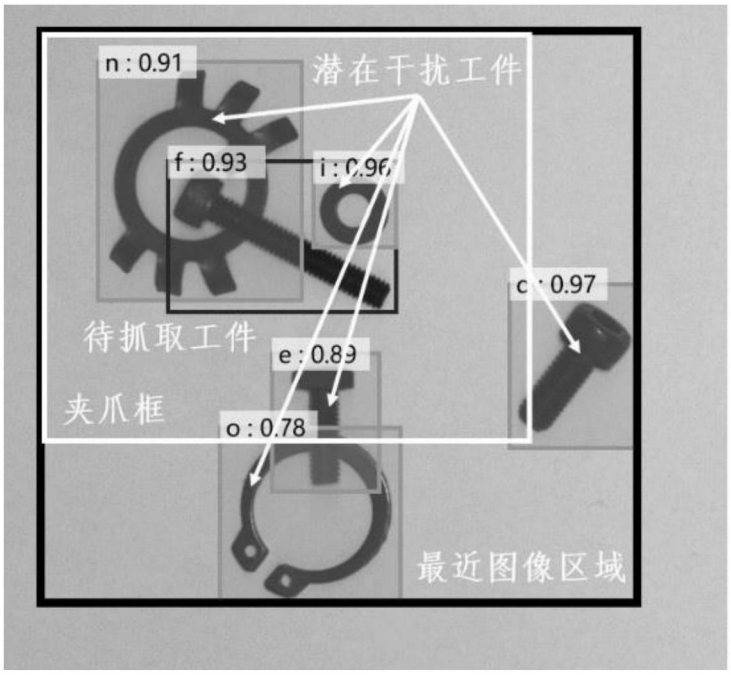

开始抓取
图像采集
目标识别
有无工件
否
结束抓取
是
取最近图像区域
待抓取工件
潜在干扰工件
取下个检测框
取上位检测框
目标提取
目标提取
是
下位判断
记录不可抓取工件
否
分拣目标区域
相邻目标区域
干扰判断
否
是
抓取位姿优化
潜在干扰区域
否
是否可抓
记录不可抓取工件
是
抓取位姿信息
补偿高度
完成抓取
清空不可抓取工件记录

图1


n : 0.91
潜在干扰工件
f : 0.93
i : 0.96
c : 0.97
待抓取工件
e : 0.89
夹爪框
o : 0.78
最近图像区域

(a)

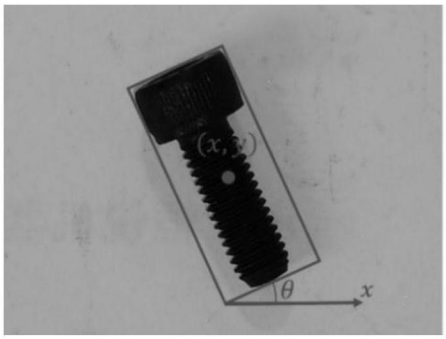

相邻目标区域1
相邻目标区域2
分拣目标区域
相邻目标区域3
相邻目标区域5
相邻目标区域4

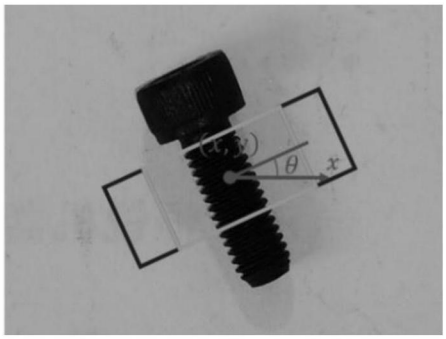



潜在干扰区域1
分拣目标区域
潜在干扰区域2
潜在干扰区域3

(b) (c) (d)

图2


θ
x


θ
x

(a) (b)

图3

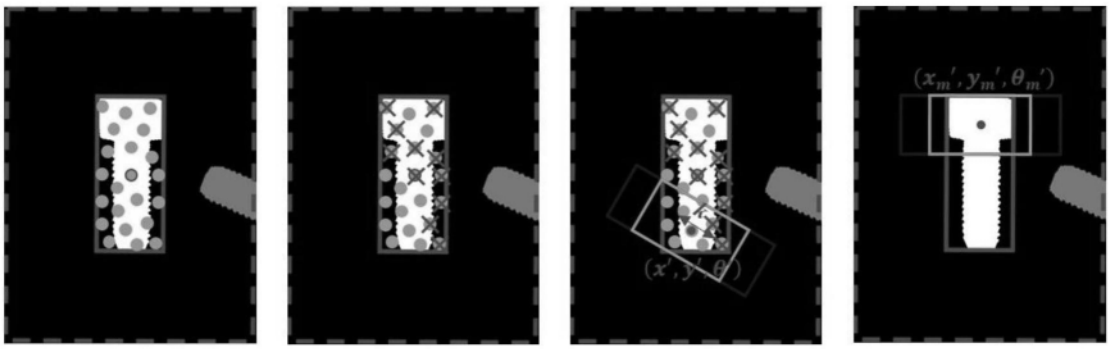


图4

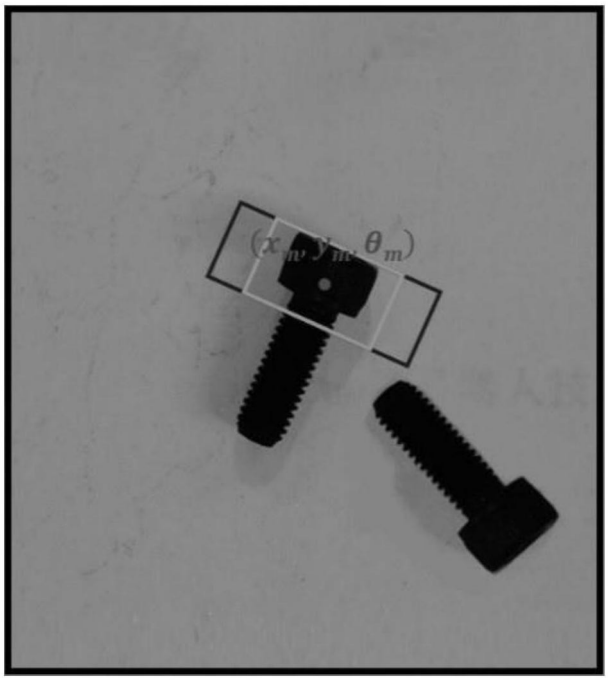


图5