



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109291657 B

(45)授权公告日 2020.10.30

(21)申请号 201811054694.1

(22)申请日 2018.09.11

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109291657 A

(43)申请公布日 2019.02.01

(73)专利权人 东华大学
地址 200050 上海市长宁区延安西路1882号
专利权人 上海航天设备制造总厂有限公司

(72)发明人 鲍劲松 陈治宇 刘世民 丁鹏鹏
孙习武 陈长江 翁海红

(74)专利代理机构 上海申汇专利代理有限公司
31001
代理人 翁若莹 柏子霖

(51)Int.Cl.
B41J 2/47(2006.01)
B41J 29/38(2006.01)
B41J 3/407(2006.01)

(56)对比文件

- CN 106355579 A,2017.01.25
- CN 108229665 A,2018.06.29
- CN 107341518 A,2017.11.10
- CN 108171748 A,2018.06.15
- WO 2018152248 A1,2018.08.23
- CN 106952250 A,2017.07.14
- CN 104439698 A,2015.03.25
- CN 107451588 A,2017.12.08
- CN 105389596 A,2016.03.09
- CN 101497279 A,2009.08.05
- CN 108340077 A,2018.07.31
- CN 107092859 A,2017.08.25
- CN 202669192 U,2013.01.16
- CN 107813607 A,2018.03.20
- CN 108099959 A,2018.06.01
- CN 108406123 A,2018.08.17
- CN 106874914 A,2017.06.20
- CN 107480640 A,2017.12.15
- CN 103713579 A,2014.04.09

审查员 周文鑫

权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

基于卷积神经网络航天结构件工业物联标识激光打码系统

(57)摘要

本发明涉及一种基于卷积神经网络的航天结构件工业物联标识激光打码系统,其特征在于,包括:空间坐标系标定模块;打标区域规划模块;标识自动生成模块;打码参数生成模块;激光振镜运动控制模块。本发明无需人工进行打码区域的规划、且不需要对打码参数设置的经验要求,利用卷积神经网络(CNN)模型与BP神经网络模型能够针对不同表面形状特征、不同标识要求的航天结构件进行智能打码,打码效率高、标识识别率好,促进工业物联网系统的信息流动。

航天结构件工业物联标识激光打码系统



1. 一种基于卷积神经网络的航天结构件工业物联标识激光打码系统,其特征在于,包括:

空间坐标系标定模块,用于将软件坐标系与打码机坐标系的对齐;

打标区域规划模块,用于针对不同种类航天结构件表面形状特征的不同,通过已有数据训练得到的卷积神经网络模型,智能规划不同种类航天结构件的可打码区域,其中,卷积神经网络模型包括

(1) 输入航天结构件表面图像信息

此步骤是输入利用相机采集到的、待标识的航天结构件的表面图像信息,将其转化为 $600*600$ 的数字矩阵;

(2) 卷积第1层

选择6个特征卷积核,卷积核大小为 $201*201$,这样可以得到6个特征图,每个特征图的大小为 $600-201+1=400$,也就是神经元的个数为 $6*400*400=960000$;

(3) 池化第1层

使用最大池化进行下采样,池化的size为 $(2,2)$,即相当于对卷积第1层 $400*400$ 的图片,进行分块,每个块的大小为 $2*2$,这样可以得到 $200*200$ 个块,然后统计每个块中最大的值作为新像素,池化第1层的结果为: $200*200$ 大小的图片,共有6个这样的图片;

(4) 卷积第2层

用 $101*101$ 的卷积核去卷积每一张输入的特征图,为了得到16个特征图,每张特征图的卷积核参数是不一样的,因此相当于需要 $6*(5*5)$ 个参数;对每一张输入特征图进行卷积后,得到6张 $100*100$ 的新图片,将这6张图片加在一起,加偏置项 b ,然后用激活函数sigmoid进行映射,得到一张 $100*100$ 的输出特征图;为了得到16张 $100*100$ 的输出特征图,需要卷积参数个数为 $16*(6*(100*100))=960000$ 个参数;

(5) 池化第2层

对卷积第2层的16张 $100*100$ 的图片进行最大池化,池化块的大小为 $2*2$;因此最后池化第2层为16张大小为 $50*50$ 的图片;至此神经元个数减少为: $16*50*50=40000$;

(6) 卷积第3层

用 $50*50$ 的卷积核去卷积每一张输入的特征图,为了得到400个特征图,每张特征图的卷积核参数是不一样的,因此相当于需要 $16*(50*50)$ 个参数;对每一张输入特征图进行卷积后,得到16张 $1*1$ 的新图片,将这6张图片加在一起,加偏置项 b ,然后用激活函数sigmoid进行映射,得到一张 $1*1$ 的输出特征图;为了得到400张 $100*100$ 的输出特征图,需要卷积参数个数为 $400*(16*(50*50))=16000000$ 个参数,因此最后剩下400个神经元;

(7) 多层全连接神经网络层

神经元个数减少到400之后,后面采用 $400*200*50*2$ 的全连接神经网络进行后续处理,各层的激活函数分别为tansig、tansig、tansig与sigmoid;

标识自动生成模块,用于在收到打码信息之后,根据二维码生成原理,生成一个包含全部打码信息的二维码;

打码参数生成模块,通过经验数据训练得到的BP神经网络模型,根据标识的线形要求与打码材料智能生成激光和运动参数;

激光振镜运动控制模块,通过相关接口协议,将振镜运动控制、电机运动控制和激光及

其能量控制相结合,实现不同的激光加工工艺。

2.如权利要求1所述的一种基于卷积神经网络的航天结构件工业物联标识激光打码系统,其特征在于,所述空间坐标系标定模块在打码机坐标原点固定的情况下,将坐标系标定问题转化为点的对齐问题与轴的选择问题,利用激光光束对齐打码机坐标原点、设定X/Y轴向,系统自动生成软件坐标系。

3.如权利要求1所述的一种基于卷积神经网络的航天结构件工业物联标识激光打码系统,其特征在于,所述打标区域规划模块通过训练的卷积神经网络模型,根据航天结构件表面的图像信息,找出平整的、面积足够大的区域作为所述可打码区域。

4.如权利要求1所述的一种基于卷积神经网络的航天结构件工业物联标识激光打码系统,其特征在于,所述标识自动生成模块融合文档中的打码信息,根据二维码生成原理,生成多种格式的二维码。

基于卷积神经网络航天结构件工业物联标识激光打码系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于卷积神经网络 (CNN) 的航天结构件工业物联标识激光打码系统,属于制造技术领域中的激光打码系统。

背景技术

[0002] 目前我国的制造领域正在飞速发展,我国已经成为一个制造业大国,然而还不是一个制造业强国,究其原因,是我国的制造业生产效率低、产品质量不高、且资源消耗大造成的。工业物联网有助于提高制造效率、改善产品质量、降低成本和资源消耗,其将具有感知、监控能力的各类采集或控制传感或控制器以及移动通信、智能分析等技术不断融入到工业生产过程各个环节。为了改善航天结构件的产品质量、降低资源消耗,构建面向航天结构件的工业物联网系统迫在眉睫。在航天结构件工业物联网构建的过程中,需要将产品信息映射至工业物联网系统,标识技术是针对此场景的优异解决方案,发明一个面向航天结构件的工业物联标识激光打码系统至关重要。为了保证其有效性,工业物联标识需要标记于平整的且具有一定面积的表面区域,因此首先需要进行打码区域的规划。但是,航天结构件数量较多、种类繁多,其表面形状特征不同,具体体现在不同的航天结构件表面的凹凸面分布不同、且平面区域大小不一。因此,依赖人工规划打码区域的方式效率低下,进而会严重影响航天结构件工业物联标识激光打码系统的打码效率。为了提高它们的效率,发明一个具有智能规划打码区域的激光打码系统是非常有必要的。除了智能规划打码区域之外,针对不同的航天结构件,需要合适的打码参数,以保证标识的识别准确率。对现有的激光标识打码系统调研发现,现在的打码参数主要依赖有经验的工人进行手动设置,需要熟练工进行操作、耗费大量人力资源。因此,为了降低航天结构件工业物联网构建过程中所耗费资源,发明一个具有智能生成打码参数的激光打码系统意义重大。

[0003] 经对现有技术的文献检索发现,王铮在《应用于自动化生产线的激光在线打码系统》一文中提出了一种应用于自动化生产线的激光在线打码系统,利用PLC数据寄存器与自定义协议实现了激光在线打码系统与PLC协同工作,实现了实时打码。该文涉及的技术主要存在以下缺陷和不足:(1)未考虑打码区域的选择的问题,主要面向的是平面面积大的零件打码,应用场景有限;(2)仅解决了通讯问题与协同工作问题,不能智能规划打码参数,使用过程中人力资源耗费较大。

[0004] 经对现有技术的文献检索发现,吴立华,丁度坤等人在《遗传算法在易拉罐罐盖喷码系统中的应用》一文中提出了一种基于遗传算法的易拉罐罐盖图像识别方法,以实现饮料易拉罐拉环背部激光打码的自动化。然而,该文涉及的技术仍然存在以下缺陷和不足:(1)使用遗传算法对阈值分割后的图像进行边缘检测,主要用于较小物体表面的打码区域定位;(2)未考虑表面的平整性,通过边缘检测只能保证标识位于表面范围之内,不能保证表面特征复杂时的所打标识的识别准确率。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种航天结构件工业物联标识激光打码系统,能够针对不同表面形状特征、不同标识要求的航天结构件进行智能打码,打码效率高、标识识别率好。

[0006] 为了达到上述目的,本发明的技术方案是提供了一种基于卷积神经网络的航天结构件工业物联标识激光打码系统,其特征在于,包括:

[0007] 空间坐标系标定模块,用于将软件坐标系与打码机坐标系的对齐;

[0008] 打标区域规划模块,用于针对不同种类航天结构件表面形状特征的不同,通过已有数据训练得到的卷积神经网络模型,智能规划不同种类航天结构件的可打码区域;

[0009] 标识自动生成模块,用于在收到打码信息之后,根据二维码生成原理,生成一个包含全部打码信息的二维码;

[0010] 打码参数生成模块,通过经验数据训练得到的BP神经网络模型,根据标识的线形要求与打码材料智能生成激光和运动参数;

[0011] 激光振镜运动控制模块,通过相关接口协议,将振镜运动控制、电机运动控制和激光及其能量控制相结合,实现不同的激光加工工艺。

[0012] 优选地,所述空间坐标系标定模块在打码机坐标原点固定的情况下,将坐标系标定问题转化为点的对齐问题与轴的选择问题,利用激光光束对齐打码机坐标原点、设定X/Y轴向,系统自动生成软件坐标系。

[0013] 优选地,所述打标区域规划模块通过训练的卷积神经网络模型,根据航天结构件表面的图像信息,找出平整的、面积足够大的区域作为所述打码区域。

[0014] 优选地,所述标识自动生成模块融合文档中的打码信息,根据二维码生成原理,生成多种格式的二维码。

[0015] 由于采用了上述的技术方案,本发明与现有技术相比,具有以下优点和积极效果:本发明无需人工进行打码区域的规划、且不需要对打码参数设置的经验要求,利用卷积神经网络(CNN)模型与BP神经网络模型能够针对不同表面形状特征、小同标识要求的航天结构件进行智能打码,打码效率高、标识识别率好,促进工业物联网系统的信息流动。

附图说明

[0016] 图1为本发明系统基本组成示意图;

[0017] 图2为空间坐标系标定模块示意图;

[0018] 图3为打标区域规划模块的卷积神经网络(CNN)模型图;

[0019] 图4为标识自动生成模块示意图;

[0020] 图5为打码参数生成模块的BP神经网络模型图;

[0021] 图6为激光振镜运动控制模块示意图。。

具体实施方式

[0022] 下面结合具体实施例,进一步阐述本发明。应理解,这些实施例仅用于说明本发明而并不用于限制本发明的范围。此外应理解,在阅读了本发明讲授的内容之后,本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改,这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

[0023] 本发明的实施方式涉及一种基于卷积神经网络 (CNN) 的航天结构件工业物联标识激光打码系统,如图1所示,包括:空间坐标系标定模块,用于软件坐标系与打码机坐标系的对齐,实现打码区域的准确定位、减小打码误差;打标区域规划模块,用于针对不同种类航天结构件表面形状特征的不同,通过已有数据训练得到的卷积神经网络 (CNN) 模型,智能规划不同种类航天结构件的可打码区域;标识自动生成模块,用于在收到打码信息之后,根据二维码生成原理,生成多种格式的包含全部打码信息的二维码;打码参数生成模块,通过经验数据训练得到的BP神经网络模型,根据标识的线形要求与打码材料智能生成激光和运动参数;激光振镜运动控制模块,通过相关接口协议,将振镜运动控制、电机运动控制和激光及其能量控制相结合,实现不同的激光加工工艺。

[0024] 如图2所示,首先是通过空间坐标系标定模块,在打码机坐标原点固定的情况下,将坐标系标定问题转化为点的对齐问题与轴的选择问题,利用激光光束对齐打码机坐标原点、设定X/Y轴向,系统自动生成软件坐标系,使软件坐标系与打标机坐标系相互重合,便于下一步打标区域的规划,实现打码区域的准确定位、减小打码误差。该空间坐标系标定模块的坐标系标定过程简单且高效。

[0025] 打标区域规划模块通过训练的卷积神经网络 (CNN) 模型,根据航天结构件表面的图像信息,从而完成表面特征的智能识别,找出平整的、面积足够大的区域作为打码区域。所述打标区域规划模块采用智能识别的方式,省去人工规划打码区域的过程,大大提高打码效率。其核心是训练卷积神经网络 (CNN) 模型,具体模型如图3所示。

[0026] (1) 输入航天结构件表面图像信息

[0027] 此步骤是输入利用相机采集到的、待标识的航天结构件的表面图像信息,将其转化为 $600*600$ 的数字矩阵。

[0028] (2) 卷积第1层

[0029] 选择6个特征卷积核,卷积核大小为 $201*201$,这样可以得到6个特征图,每个特征图的大小为 $600-201+1=400$,也就是神经元的个数为 $6*400*400=960000$ 。

[0030] (3) 池化第1层

[0031] 使用最大池化进行下采样,池化的size为 $(2,2)$,即相当于对卷积第1层 $400*400$ 的图片,进行分块,每个块的大小为 $2*2$,这样可以得到 $200*200$ 个块,然后统计每个块中最大的值作为新像素,池化第1层的结果为: $200*200$ 大小的图片,共有6个这样的图片。

[0032] (4) 卷积第2层

[0033] 用 $101*101$ 的卷积核去卷积每一张输入的特征图,为了得到16个特征图,每张特征图的卷积核参数是不一样的,因此相当于需要 $6*(5*5)$ 个参数。对每一张输入特征图进行卷积后,我们得到6张 $100*100$ 的新图片,将这6张图片加在一起,加偏置项 b ,然后用激活函数sigmoid进行映射,得到一张 $100*100$ 的输出特征图。为了得到16张 $100*100$ 的输出特征图,需要卷积参数个数为 $16*(6*(100*100))=960000$ 个参数。

[0034] (5) 池化第2层

[0035] 对卷积第2层的16张 $100*100$ 的图片进行最大池化,池化块的大小为 $2*2$ 。因此最后池化第2层为16张大小为 $50*50$ 的图片。至此神经元个数减少为: $16*50*50=40000$ 。

[0036] (6) 卷积第3层

[0037] 用 $50*50$ 的卷积核去卷积每一张输入的特征图,为了得到400个特征图,每张特征

图的卷积核参数是不一样的,因此相当于需要 $16*(50*50)$ 个参数。对每一张输入特征图进行卷积后,我们得到16张 $1*1$ 的新图片,将这6张图片加在一起,加偏置项 b ,然后用激活函数sigmoid进行映射,得到一张 $1*1$ 的输出特征图。为了得到400张 $100*100$ 的输出特征图,需要卷积参数个数为 $400*(16*(50*50))=16000000$ 个参数。因此最后剩下400个神经元。

[0038] (7) 多层全连接神经网络层

[0039] 神经元个数减少到400之后,后面采用 $400*200*50*2$ 的全连接神经网络进行后续处理,各层的激活函数分别为tansig、tansig、tansig与sigmoid。

[0040] 通过已有数据训练得到的卷积神经网络(CNN)模型,智能规划不同种类航天结构件平整的、面积足够大的可打码区域,省去人工规划打码区域的过程,大大提高打码效率。

[0041] 在一个具体实例中,所述的航天结构件为舱段区域结构,表面曲面特征较多。针对该型航天舱段结构的打码,打码区域的规划很重要,将直接影响到标识的识别正确率。若打码区域位置选择不当,很容易造成无效打码的情况,对结构件表面造成不可逆的影响,甚至会不利于后续过程的装配操作。常规的依赖人工规划打码的区域的方法,标识准确率可以保证,但是效率极为低下。经大量测试发现。通过训练得到的卷积神经网络(CNN)模型用于打码区域的智能规划,准确率可达90%以上,高于人工规划的方式;且效率大大改善,可达人工规划效率的10倍以上。大量测试证明了智能规划打码区域的实用性与有效性。

[0042] 如图4所示,标识自动生成模块融合文档中的打码信息,分别根据QR Code、Code 128及EAN 128规则,生成QR、Code 128与EAN 128三种格式的二维码。

[0043] 打码参数生成模块利用BP神经网络模型,考虑打码材料与标识的线形要求智能生成适合的打码参数。该打码参数生成模块采用智能生成的方式,使打码操作对于工人的经验要求大大降低。该模块所用的BP神经网络模型图如图5所示。

[0044] (1) 对于BP神经网络输入层,由于标识深度值、标识灰度值与标识粒度值会直接影响标识的识别准确率,因此需要根据该3种参数的要求选择打码参数,将其作为BP神经网络的输入层。

[0045] (2) 采用 $3*4*5$ 共3层的BP神经网络模型,经大量数据测试发现,隐藏层与输出层的激活函数选择tansig与purelin时,拟合产生的均方误差最小、且拟合准确率可达90%以上。

[0046] 如图6所示,激光振镜运动控制模块基于相关接口协议,将振镜运动控制、电机运动控制和激光及其能量控制相结合,实现不同的激光加工工艺。该模块可以实现对打标速度、激光功率、激光功率百分比、Q频值的自动控制,也可实现对以上参数以及打标次数、激光延时器、空跳速度的手工控制。其中,打标速度、激光功率、激光功率百分比、Q频值的自动控制依赖于打码参数生成模块。打码速度可以影响笔画粒度,稀疏度与深度;激光功率为激光束的能量,可以影响标识的灰度,即功率越大打码的标识颜色越黑;激光功率百分比,在激光功率一定时,控制不同时刻激光的功率大小;Q频值可以改变激光的输出频率,降低单点能量和峰值功率,在一定程度上能够提高打标速度。

航天结构件工业物联标识激光打码系统



图1

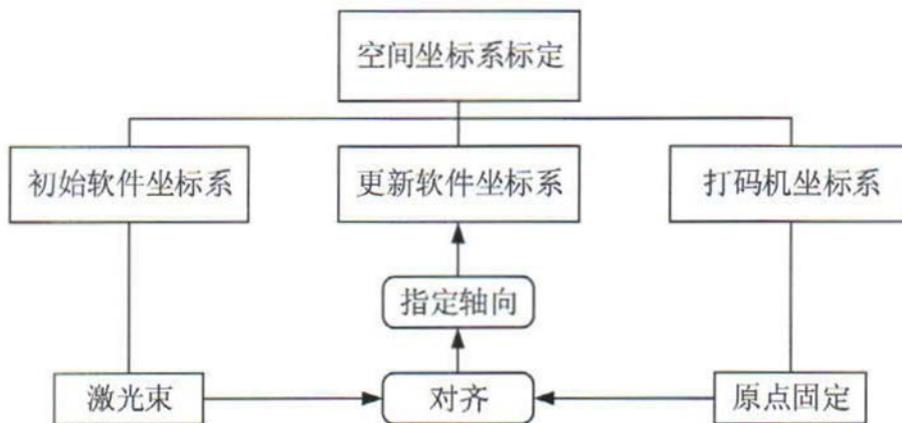


图2

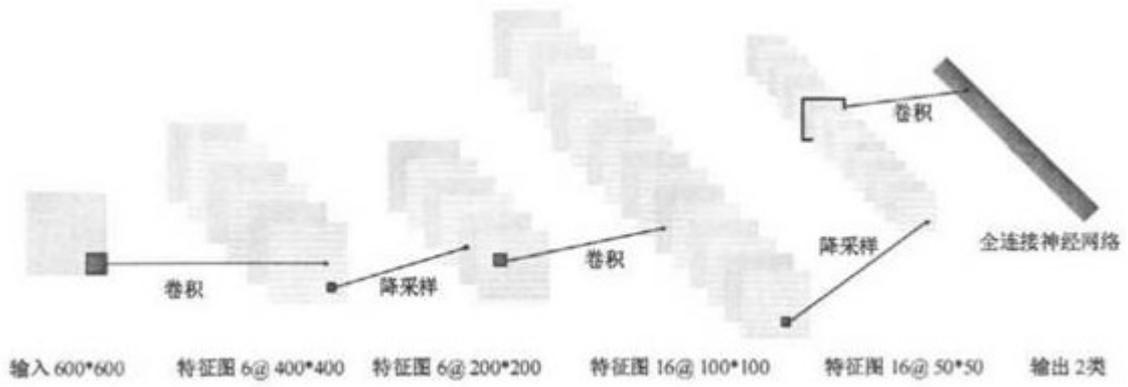


图3

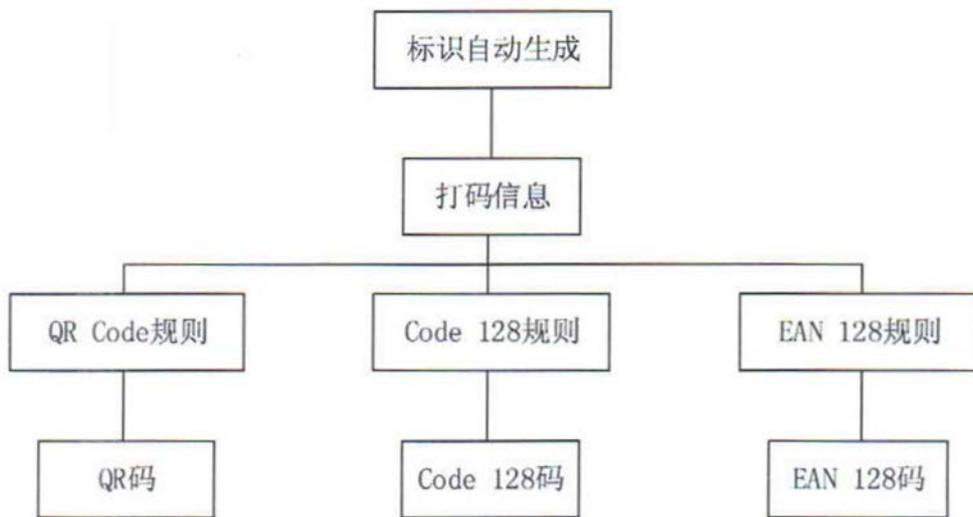


图4

