



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109977928 B

(45) 授权公告日 2021.03.23

(21) 申请号 201910339613.0

(22) 申请日 2019.04.25

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109977928 A

(43) 申请公布日 2019.07.05

(73) 专利权人 中国科学院自动化研究所
地址 100190 北京市海淀区中关村东路95号

专利权人 北京理工大学

(72) 发明人 庞磊 曹志强 管培育 梁爽
周超 喻俊志 张伟民 陈学超

(74) 专利代理机构 北京市恒有知识产权代理事
务所(普通合伙) 11576

代理人 郭文浩 尹文会

(51) Int.Cl.

G06K 9/00 (2006.01)

G06K 9/62 (2006.01)

G06F 16/583 (2019.01)

G06F 16/51 (2019.01)

(56) 对比文件

CN 108961308 A, 2018.12.07

CN 108717522 A, 2018.10.30

CN 109102522 A, 2018.12.28

审查员 滕冲

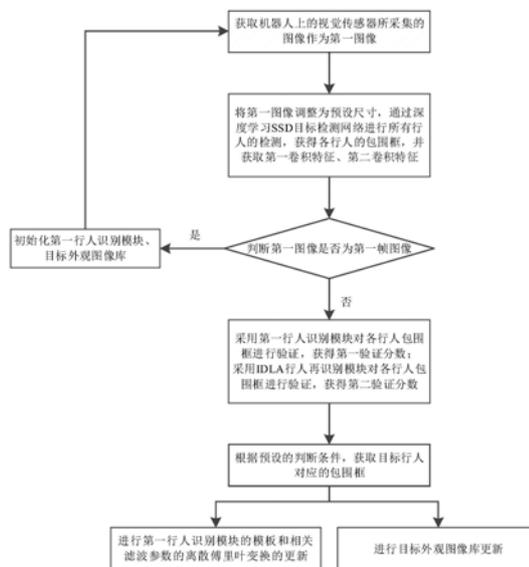
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

一种机器人目标行人检索方法

(57) 摘要

本发明属于机器人领域,具体涉及一种机器人目标行人检索方法,旨在解决在复杂场景下难以实现长时间对目标行人进行检索的问题,本发明方法包括:通过SSD目标检测网络获得采集图像各行人包围框、网络设定层输出的卷积特征;基于卷积特征,采用第一行人识别模块对各行人的包围框进行验证,计算第一验证分数;基于第一图像、目标外观图像库及各行人包围框,采用IDLA行人再识别模块对各行人的包围框进行验证,计算第二验证分数;根据预设的验证分数判断条件,获取目标行人对应的包围框。本发明可以长时稳定的提供目标对象在图像中的位置,为机器人在助老助残、家庭服务等领域下的行人跟随任务提供技术支持。



CN 109977928 B

1. 一种机器人目标行人检索方法,其特征在于,包括:

步骤S10,获取机器人上的视觉传感器所采集的图像作为第一图像;

步骤S20,将第一图像的尺寸调整为预设尺寸,通过深度学习SSD目标检测网络进行所有行人的检测,获得各行人的包围框,并获取第一卷积特征、第二卷积特征;

步骤S30,判断所述第一图像是否为第一帧图像,判断结果为否,则跳转步骤S40;判断结果为是,则进行第一行人识别模块和目标外观图像库的初始化,初始化过程结束后返回步骤S10;

所述第一行人识别模块和目标外观图像库的初始化过程为:

步骤S301,根据所述各行人的包围框,人工选定目标行人所对应的包围框,并在第一图像中找出与目标行人包围框对应的子图像,作为第二图像;

步骤S302,基于所述第二图像,所述第一行人识别模块采用线性相关核的相关滤波器并进行初始化:

提取所述第二卷积特征中目标行人对应的卷积特征,并将尺寸调整为 $M_{ccf} \times N_{ccf}$,获得第三卷积特征, $M_{ccf} \times N_{ccf}$ 为预设的相关滤波器的模板尺寸;基于所述第三卷积特征,利用循环移位技术,获得 $M_{ccf} \times N_{ccf}$ 个循环移位训练样本,构成训练样本库X;

基于训练样本库X,计算所述训练样本库X与其自身的线性核相关结果,并计算所述训练样本库X中每一个样本对应的训练标签,获得训练标签库Y;

基于所述训练样本库X与其自身的线性核相关结果、训练标签库Y,计算相关滤波器参数 α 的离散傅里叶变换 $\hat{\alpha}$;

基于所述训练样本库X、所述相关滤波器参数 α 的离散傅里叶变换 $\hat{\alpha}$,分别进行第一行人识别模块的模板 X^{CCF} 和相关滤波器参数 α^{CCF} 的离散傅里叶变换 $\hat{\alpha}^{CCF}$ 的初始化;

步骤S303,将所述目标外观图像库中每一个图像设置为第二图像,并将目标外观图像库的更新计数器值设置为0;

步骤S40,采用第一行人识别模块对所述各行人的包围框进行验证,获得各行人包围框对应的第一验证分数:

提取所述第二卷积特征中对应于第i个包围框的卷积特征并调整尺寸为 $M_{ccf} \times N_{ccf}$,并基于调整后的卷积特征,采用循环移位技术获得对应的 $M_{ccf} \times N_{ccf}$ 个验证样本,构成对应第i个包围框的大小为 $M_{ccf} \times N_{ccf}$ 的验证样本库;

基于所述验证样本库,计算第i个包围框对应的第一验证分数

$$S_i^{CCF} = \max \left\{ \mathcal{F}^{-1} \left(\hat{k}^{X^{CCF} Z_i} \odot \hat{\alpha}^{CCF} \right) \right\};$$

其中, $k^{X^{CCF} Z_i} = \mathcal{F}^{-1} \sum_{l=1}^d \hat{X}_l^{CCF*} \odot \hat{Z}_{i,l}$ 为第一行人识别模块的模板和验证样本库的线性核相关运算, X_l^{CCF} 表示第一行人识别模块的模板的第l个通道, $l=1, \dots, d$, $Z_{i,l}$ 表示第i个包围框所对应的验证样本库 Z_i 的第l个通道; α^{CCF} 为第一行人识别模块的相关滤波器的参数;“ \odot ”表示离散傅里叶变换;

基于第一图像、目标外观图像库及所述各行人的包围框,利用IDLA行人再识别模块获

得各行人包围框对应的第二验证分数：

提取所述第一图像中与各行人包围框对应的子图像，作为第三图像集，依次选取所述目标外观图像库中的一个图像与所述第三图像集中第*i*个包围框对应的第三图像组成图像对，利用IDLA行人再识别模块计算所述图像对的相似度分数，选取相似度分数最大的值作为第*i*个包围框对应的第二验证分数；

步骤S50，基于所述各行人包围框对应的第一验证分数、第二验证分数，根据预设的判断条件，获取目标行人对应的包围框。

2. 根据权利要求1所述的机器人目标行人检索方法，其特征在于，步骤S20中“获取第一卷积特征、第二卷积特征”，其方法为：

步骤S201，将深度学习SSD目标检测网络中预设网络卷积层的输出特征作为第一卷积特征；

步骤S202，将所述第一卷积特征调整为预设尺寸，得到第二卷积特征。

3. 根据权利要求1所述的机器人目标行人检索方法，其特征在于，步骤S50中“基于所述各行人包围框对应的第一验证分数、第二验证分数，根据预设的判断条件，获取目标行人对应的包围框”，其方法为：

选取满足 $S_i^{IDLA} > T_1^{IDLA} \cap S_i^{CCF} > T_1^{CCF}$ 、 $S_i^{IDLA} > T_2^{IDLA}$ 、 $S_i^{CCF} > T_2^{CCF}$ 中任意一个条件的包围框作为目标行人对应的包围框；其中， S_i^{CCF} 、 S_i^{IDLA} 分别为第一验证分数、第二验证分数； T_1^{IDLA} 、 T_2^{IDLA} 、 T_1^{CCF} 、 T_2^{CCF} 为预设的阈值。

4. 根据权利要求1所述的机器人目标行人检索方法，其特征在于，步骤S50中“获取目标行人对应的包围框”之后还设置有第一行人识别模块的模板和相关滤波器参数的离散傅里叶变换的更新步骤，其方法为：

$$\begin{cases} \hat{\alpha}^{CCF} \leftarrow (1-\eta)\hat{\alpha}^{CCF} + \eta\hat{\alpha}' \\ X^{CCF} \leftarrow (1-\eta)X^{CCF} + \eta Z_t \end{cases}$$

其中， X^{CCF} 为第一行人识别模块的模板； Z_t 为步骤S40中获得的第*t*个验证样本库， $\hat{\alpha}'$ 为当前帧图像所对应的滤波器参数 α^t 的离散傅里叶变换， $\hat{\alpha}' = \frac{\hat{Y}}{\hat{k}^{Z_t Z_t} + \lambda}$ ；“ $\hat{\cdot}$ ”表示离散傅里叶变换； η 为预设的学习率。

5. 根据权利要求1所述的机器人目标行人检索方法，其特征在于，步骤S50中“获取目标行人对应的包围框”之后还设置有目标外观图像库更新的步骤，其方法为：

判断目标外观图像库的更新计数器值 F^{IDLA} 是否超过预设值 F^{Update} ；当判断结果为是时，删除最早加入到目标外观图像库的一张图像，将目标行人包围框在第一图像中对应的子图像加入到目标外观图像库中，将 F^{IDLA} 置0；当判断结果为否时，不进行目标外观图像库的更新，仅增加 F^{IDLA} 计数， $F^{IDLA} = F^{IDLA} + 1$ 。

一种机器人目标行人检索方法

技术领域

[0001] 本发明属于机器人技术领域,具体涉及了一种机器人目标行人检索方法。

背景技术

[0002] 随着科技的不断进步,机器人在人们的生活、生产中发挥着日益重要的作用。受现有机器人技术的制约,机器人在人类的配合下完成给定任务是常见的行为,很多情况下机器人需要跟随指定的目标行人运动。现阶段,机器人跟随行人已经成为机器人研究的一个热点方向,其中,如何实现对目标行人持续的识别(即目标行人检索)是有效跟随的前提和关键一环。

[0003] 为实现机器人跟随过程中对目标行人的检索,国内外研究人员开展了深入研究,包括通过单线激光传感器识别目标行人腿部特征的行人检索方法,以及将特定标签置于目标行人身上的行人检索方法,这些方法易受目标行人行走姿势的影响,鲁棒性和适应性较差。近年来,基于深度学习的目标检测方法例如SSD(Single Shot MultiBox Detector)目标检测方法等得到快速发展,能够在机器人跟随过程中有效检测出多个行人,但是单纯应用该方法无法准确识别出目标行人。一种常用的解决思路是将基于深度学习的目标检测算法和视觉跟踪算法结合起来,该方法由于缺乏稳定的目标行人检索策略,不利于机器人长时间的跟随目标行人。同时,一些复杂场景还存在其他行人的遮挡,这进一步增加了目标行人的识别难度。计算机视觉领域的行人再识别技术例如IDLA(improved deep learning architecture)行人再识别模块、基于LOMO(local maximal occurrence)的行人再识别算法等为解决问题提供了思路。

[0004] 总的来说,现有技术难以实现在复杂场景下长时间的对目标行人进行检索。

发明内容

[0005] 为了解决现有技术中的上述问题,即在复杂场景下难以实现长时间对目标行人进行检索的问题,本发明提供了一种机器人目标行人检索方法,包括:

[0006] 步骤S10,获取机器人上的视觉传感器所采集的图像作为第一图像;

[0007] 步骤S20,将第一图像的尺寸调整为预设尺寸,通过深度学习SSD目标检测网络进行所有行人的检测,获得各行人的包围框,并获取第一卷积特征、第二卷积特征;

[0008] 步骤S30,判断所述第一图像是否为第一帧图像,判断结果为否,则跳转步骤S40;判断结果为是,则进行第一行人识别模块和目标外观图像库的初始化,初始化过程结束后返回步骤S10;

[0009] 步骤S40,采用第一行人识别模块对所述各行人的包围框进行验证,获得各行人包围框对应的第一验证分数;基于第一图像、目标外观图像库及所述各行人的包围框,利用IDLA行人再识别模块获得各行人包围框对应的第二验证分数;

[0010] 步骤S50,基于所述各行人包围框对应的第一验证分数、第二验证分数,根据预设的判断条件,获取目标行人对应的包围框。

[0011] 在一些优选的实施例中,步骤S20中“获取第一卷积特征、第二卷积特征”,其方法为:

[0012] 步骤S201,将深度学习SSD目标检测网络中预设网络卷积层的输出特征作为第一卷积特征;

[0013] 步骤S202,将所述第一卷积特征调整为预设尺寸,得到第二卷积特征。

[0014] 在一些优选的实施例中,步骤S30中“进行第一行人识别模块和目标外观图像库的初始化”,其方法为:

[0015] 步骤S301,根据所述各行人的包围框,人工选定目标行人所对应的包围框,并在第一图像中找出与目标行人包围框对应的子图像,作为第二图像;

[0016] 步骤S302,基于所述第二图像,所述第一行人识别模块采用线性相关核的相关滤波器并进行初始化;

[0017] 步骤S303,将所述目标外观图像库中每一个图像设置为第二图像,并将目标外观图像库的更新计数器值设置为0。

[0018] 在一些优选的实施例中,所述第一行人识别模块,其初始化方法为:

[0019] 步骤S3021,提取所述第二卷积特征中目标行人对应的卷积特征,并将尺寸调整为 $M_{ccf} \times N_{ccf}$,获得第三卷积特征, $M_{ccf} \times N_{ccf}$ 为预设的相关滤波器的模板尺寸;基于所述第三卷积特征,利用循环移位技术,获得 $M_{ccf} \times N_{ccf}$ 个循环移位训练样本,构成训练样本库X;

[0020] 步骤S3022,基于训练样本库X,计算所述训练样本库X与其自身的线性核相关结果;

[0021] 步骤S3023,计算所述训练样本库X中每一个样本对应的训练标签,获得训练标签库Y;

[0022] 步骤S3024,基于所述训练样本库X与其自身的线性核相关结果、训练标签库Y,计算相关滤波器参数 α 的离散傅里叶变换 $\hat{\alpha}$;

[0023] 步骤S3025,基于所述训练样本库X、所述相关滤波器参数 α 的离散傅里叶变换 $\hat{\alpha}$,分别进行第一行人识别模块的模板 X^{CCF} 和相关滤波器参数 α^{CCF} 的离散傅里叶变换 $\hat{\alpha}^{CCF}$ 的初始化。

[0024] 在一些优选的实施例中,步骤S40中“采用第一行人识别模块对所述各行人的包围框进行验证,获得各行人包围框对应的第一验证分数”,其方法为:

[0025] 步骤S4011,提取所述第二卷积特征中对应于第i个包围框的卷积特征并调整尺寸为 $M_{ccf} \times N_{ccf}$, $M_{ccf} \times N_{ccf}$ 为预设的相关滤波器的尺寸;

[0026] 步骤S4012,基于调整后的卷积特征,采用循环移位技术获得对应的 $M_{ccf} \times N_{ccf}$ 个验证样本,构成对应第i个包围框的大小为 $M_{ccf} \times N_{ccf}$ 的验证样本库;

[0027] 步骤S4013,基于所述验证样本库,计算第i个包围框对应的第一验证分数:

$$[0028] \quad S_i^{CCF} = \max \left\{ \mathcal{F}^{-1} \left(\hat{k}^{X^{CCF} Z_i} \odot \hat{\alpha}^{CCF} \right) \right\}$$

[0029] 其中, $k^{X^{CCF} Z_i}$ 为第一行人识别模块的模板和验证样本库的线性核相关运算, α^{CCF} 为第一行人识别模块的相关滤波器的参数,“ $\hat{\cdot}$ ”表示离散傅里叶变换;

$$[0030] \quad k^{X^{CCF}Z_i} = \mathcal{F}^{-1} \sum_{l=1}^d \hat{X}_l^{CCF*} \odot \hat{Z}_{i,l}$$

[0031] 其中, X_l^{CCF} 表示第一行人识别模块的模板的第1个通道, $l=1, \dots, d$; $Z_{i,l}$ 表示第i个包围框所对应的验证样本库 Z_i 的第1个通道, “ $\hat{\cdot}$ ”表示离散傅里叶变换。

[0032] 在一些优选的实施例中, 步骤S40中“基于第一图像、目标外观图像库及所述各行人的包围框, 利用IDLA行人再识别模块获得各行人包围框对应的第二验证分数”, 其方法为:

[0033] 步骤S4021, 提取所述第一图像中与各行人包围框对应的子图像, 作为第三图像集;

[0034] 步骤S4022, 依次选取所述目标外观图像库中的一个图像与所述第三图像集中第i个包围框对应的第三图像组成图像对, 利用IDLA行人再识别模块计算所述图像对的相似度分数;

[0035] 步骤S4023, 选取相似度分数最大的值作为第i个包围框对应的第二验证分数。

[0036] 在一些优选的实施例中, 步骤S50中“基于所述各行人包围框对应的第一验证分数、第二验证分数, 根据预设的判断条件, 获取目标行人对应的包围框”, 其方法为:

[0037] 选取满足 $S_i^{IDLA} > T_1^{IDLA} \cap S_i^{CCF} > T_1^{CCF}$ 、 $S_i^{IDLA} > T_2^{IDLA}$ 、 $S_i^{CCF} > T_2^{CCF}$ 中任意一个条件的包围框作为目标行人对应的包围框; 其中, S_i^{CCF} 、 S_i^{IDLA} 分别为第一验证分数、第二验证分数; T_1^{IDLA} 、 T_2^{IDLA} 、 T_1^{CCF} 、 T_2^{CCF} 为预设的阈值。

[0038] 在一些优选的实施例中, 步骤S50中“获取目标行人对应的包围框”之后还设置有第一行人识别模块的模板和相关滤波器参数的离散傅里叶变换的更新步骤, 其方法为:

$$[0039] \quad \begin{cases} \hat{\alpha}^{CCF} \leftarrow (1-\eta)\hat{\alpha}^{CCF} + \eta\hat{\alpha}^t \\ X^{CCF} \leftarrow (1-\eta)X^{CCF} + \eta Z_t \end{cases}$$

[0040] 其中, X^{CCF} 为第一行人识别模块的模板; Z_t 为步骤S40中获得的第t个验证样本库,

$\hat{\alpha}^t$ 为当前帧图像所对应的滤波器参数 α^t 的离散傅里叶变换, $\hat{\alpha}^t = \frac{\hat{Y}}{\hat{k}^{Z_t Z_t} + \lambda}$; “ $\hat{\cdot}$ ”表示

离散傅里叶变换; η 为预设的学习率。

[0041] 在一些优选的实施例中, 步骤S50中“获取目标行人对应的包围框”之后还设置有目标外观图像库更新的步骤, 其方法为:

[0042] 判断目标外观图像库的更新计数器值 F^{IDLA} 是否超过预设值 F^{Update} : 当判断结果为是时, 删除最早加入到目标外观图像库的一张图像, 将目标行人包围框在第一图像中对应的子图像加入到目标外观图像库中, 将 F^{IDLA} 置0; 当判断结果为否时, 不进行目标外观图像库的更新, 仅增加 F^{IDLA} 计数, $F^{IDLA} = F^{IDLA} + 1$ 。

[0043] 本发明的有益效果:

[0044] 本发明一种机器人目标行人检索方法, 可以有效的检索出目标行人, 并长时稳定的提供目标行人在图像中的位置, 为机器人在助老助残、家庭服务等领域下的行人跟随任

务提供技术支持。

附图说明

[0045] 通过阅读参照以下附图所作的对非限制性实施例所作的详细描述,本申请的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0046] 图1是本发明一种机器人目标行人检索方法的流程示意图。

具体实施方式

[0047] 下面结合附图和实施例对本申请作进一步的详细说明。可以理解的是,此处所描述的具体实施例仅用于解释相关发明,而非对该发明的限定。另外还需要说明的是,为了便于描述,附图中仅示出了与有关发明相关的部分。

[0048] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本申请。

[0049] 本发明的一种机器人目标行人检索方法,包括:

[0050] 步骤S10,获取机器人上的视觉传感器所采集的图像作为第一图像;

[0051] 步骤S20,将第一图像的尺寸调整为预设尺寸,通过深度学习SSD目标检测网络进行所有行人的检测,获得各行人的包围框,并获取第一卷积特征、第二卷积特征;

[0052] 步骤S30,判断所述第一图像是否为第一帧图像,判断结果为否,则跳转步骤S40;判断结果为是,则进行第一行人识别模块和目标外观图像库的初始化,初始化过程结束后返回步骤S10;

[0053] 步骤S40,采用第一行人识别模块对所述各行人的包围框进行验证,获得各行人包围框对应的第一验证分数;基于第一图像、目标外观图像库及所述各行人的包围框,利用IDLA行人再识别模块获得各行人包围框对应的第二验证分数;

[0054] 步骤S50,基于所述各行人包围框对应的第一验证分数、第二验证分数,根据预设的判断条件,获取目标行人对应的包围框;

[0055] 步骤S60,进行第一行人识别模块的模板和相关滤波器参数的离散傅里叶变换的更新;

[0056] 步骤S70,进行目标外观图像库的更新。

[0057] 为了更清晰地对本发明机器人目标行人检索方法进行说明,下面结合图1对本发明方法实施例中各步骤展开详述。

[0058] 本发明一种实施例的机器人目标行人检索方法,包括步骤S10-步骤S70,各步骤详细描述如下:

[0059] 步骤S10,获取机器人上的视觉传感器所采集的图像作为第一图像,其尺寸为 $M_r \times N_r$ 。

[0060] 本发明一个实例中,第一图像通过机器人上的RGB传感器-罗技C310摄像头提供,罗技C310摄像头的参数为: $M_r = 1280, N_r = 720$ 。

[0061] 步骤S20,将第一图像的尺寸调整为预设尺寸,通过深度学习SSD目标检测网络进行所有行人的检测,获得各行人的包围框 $B_i d, i = 1, 2, \dots, N$,其中 N 为行人的个数,并获取第一卷积特征和第二卷积特征;所述预设尺寸为 300×300 。

[0062] 本发明一个实施例中,深度学习SSD目标检测网络的基础网络为VGG-16,该网络使用PASCAL VOC数据集进行训练。

[0063] 获取第一卷积特征和第二卷积特征的方法如下:

[0064] 步骤S201,将SSD基础网络VGG-16中的Conv2_2卷积层的输出特征作为第一卷积特征 F_r^{Conv} ,第一卷积特征的通道数d为128,其中Conv2_2卷积层是SSD基础网络VGG-16中第二个卷积核尺寸为 $3 \times 3 \times 128$ 的卷积层。

[0065] 步骤S202,将第一卷积特征 F_r^{Conv} 调整尺寸为 $M_r \times N_r$,得到第二卷积特征 F^{Conv} 。

[0066] 步骤S30,判断所述第一图像是否为第一帧图像,判断结果为否,则跳转步骤S40;判断结果为是,则进行第一行人识别模块和目标外观图像库的初始化,初始化过程结束后返回步骤S10。

[0067] 步骤S301,根据获得的各行人的包围框 B_i^d , $i=1,2,\dots,N$,人工选定目标行人所对应的包围框,标记为 B_{t1} ,并在第一图像中找出与包围框 B_{t1} 相对应的子图像,作为第二图像 m_{t1} 。

[0068] 步骤S302,第一行人识别模块采用线性相关核的相关滤波器,其初始化方法为:

[0069] 步骤S3021,利用循环移位技术获得 $M_{ccf} \times N_{ccf}$ 个循环移位训练样本,构成训练样本库X,如式(1)所示:

[0070] $X = \{x_{m,n}\}$, $m=0,1,\dots,M_{ccf}-1$, $n=0,1,\dots,N_{ccf}-1$ 式(1)

[0071] 其中, $M_{ccf} \times N_{ccf}$ 为预设的相关滤波器的模板尺寸;将所述第二卷积特征 F^{Conv} 中对应于包围框 B_{t1} 的卷积特征经重新修改尺寸为 $M_{ccf} \times N_{ccf}$,获得第三卷积特征 F_t^{Conv} ;将第三卷积特征 F_t^{Conv} 作为循环移位的原始样本 $x_{0,0}$;每一个循环移位训练样本 $x_{m,n}$ 指的是 $x_{0,0}$ 移动(m,n)像素后的样本, $m=0,1,\dots,M_{ccf}-1$, $n=0,1,\dots,N_{ccf}-1$ 。本发明一个具体的实例中, $M_{ccf}=40$, $N_{ccf}=16$ 。

[0072] 步骤S3022,基于训练样本库X,计算X与其自身的线性核相关结果 k^{XX} ,其计算方法如式(2)所示:

$$[0073] \quad k^{XX} = \mathcal{F}^{-1} \sum_{l=1}^d \hat{X}_l^* \odot \hat{X}_l \quad \text{式(2)}$$

[0074] 其中, \mathcal{F}^{-1} 表示离散傅里叶反变换, X_l 表示训练样本库X的第l个通道, $l=1,2,\dots,d$;" $\hat{\cdot}$ "表示离散傅里叶变换," \odot "表示矩阵逐元素相乘运算,"*"表示复数共轭运算。

[0075] 步骤S3023,获得训练样本库X中的每一个训练样本 $x_{m,n}$ 对应的训练标签 $y_{m,n}$, $m=0,1,\dots,M_{ccf}-1$, $n=0,1,\dots,N_{ccf}-1$,这些训练标签构成训练标签库Y, $y_{m,n}$ 计算方法如式(3)所示:

$$[0076] \quad y_{m,n} = \exp \left(- \frac{\left(m - M_{ccf} / 2 \right)^2 + \left(n - N_{ccf} / 2 \right)^2}{2\sigma_0^2} \right) \quad \text{式(3)}$$

[0077] 其中, σ_0 是预设值。本发明一个具体的实例中,设置 $\sigma_0=0.15$ 。

[0078] 步骤S3024,计算相关滤波器参数 α 的离散傅里叶变换 $\hat{\alpha}$,如式(4)所示:

$$[0079] \quad \hat{\alpha} = \frac{\hat{Y}}{\hat{k}^{XX} + \lambda} \quad \text{式(4)}$$

[0080] 其中, λ 是预设的正则化参数,“ $\hat{\cdot}$ ”表示离散傅里叶变换。本发明一个具体的实例中,设置 $\lambda=0.0001$ 。

[0081] 步骤S3025,进行第一行人识别模块的模板 X^{CCF} 和相关滤波器参数 α^{CCF} 的离散傅里叶变换 $\hat{\alpha}^{CCF}$ 的初始化,其方法如式(5)所示:

$$[0082] \quad \begin{cases} \hat{\alpha}^{CCF} = \hat{\alpha} \\ X^{CCF} = X \end{cases} \quad \text{式(5)}$$

[0083] 步骤S303,目标外观图像库 $G^{IDLA} = \{m_1, m_2, m_3\}$ 的初始化方法为:

[0084] 将 m_1, m_2, m_3 全部设置为第二图像 m_{t1} ,并将目标外观图像库 G^{IDLA} 的更新计数器记为 F^{IDLA} , F^{IDLA} 设置为0。

[0085] 步骤S40,采用第一行人识别模块对获得的 N 个行人的包围框 B_i^d , $i=1,2,\dots,N$ 进行验证,获得各个行人包围框 B_i^d 对应的第一验证分数 S_i^{CCF} ;基于第一图像、目标外观图像库及获得的各行人的包围框 B_i^d , $i=1,2,\dots,N$,利用IDLA行人再识别模块获得各行人包围框 B_i^d 对应的第二验证分数 S_i^{IDLA} 。

[0086] 采用第一行人识别模块对获得的 N 个行人的包围框 B_i^d , $i=1,2,\dots,N$ 进行验证,获得各行人包围框 B_i^d 对应的第一验证分数 S_i^{CCF} ,其方法为:

[0087] 步骤S4011,提取第二卷积特征 F^{Conv} 中对应于包围框 B_i^d 的卷积特征,并修改尺寸为 $M_{ccf} \times N_{ccf}$,作为第 i 个包围框的卷积特征 F_i^{Conv} , $i=1,2,\dots,N$ 。

[0088] 步骤S4012,以第 i 个包围框的卷积特征 F_i^{Conv} 作为原始样本 $z_{0,0}^i$,利用循环移位技术获得第 i 个包围框对应的 $M_{ccf} \times N_{ccf}$ 个验证样本,构成验证样本库 Z_i ,如式(6)所示:

$$[0089] \quad Z_i = \{z_{p,q}^i\}, p=0,1,\dots,M_{ccf}-1, q=0,1,\dots,N_{ccf}-1 \quad \text{式(6)}$$

[0090] 其中,每一个验证样本 $z_{p,q}^i$ 为 $z_{0,0}^i$ 移动 (p,q) 像素后的样本, $p=0,1,\dots,M_{ccf}-1, q=0,1,\dots,N_{ccf}-1$ 。

[0091] 步骤S4013,基于验证样本库 Z_i ,计算第 i 个包围框对应的第一验证分数 S_i^{CCF} ,其方法如式(7)所示:

$$[0092] \quad S_i^{CCF} = \max \left\{ \mathcal{F}^{-1} \left(\hat{k}^{X^{CCF} Z_i} \odot \hat{\alpha}^{CCF} \right) \right\} \quad \text{式(7)}$$

[0093] 其中, $k^{X^{CCF} Z_i}$ 为第一行人识别模块的模板和验证样本库的线性核相关运算,

$k^{X^{CCF}Z_i} = \mathcal{F}^{-1} \sum_{l=1}^d \hat{X}_l^{CCF*} \odot \hat{Z}_{i,l}$; “ $\hat{\cdot}$ ”表示离散傅里叶变换; X_l^{CCF} 表示第一行人识别模块的

模板的第1个通道, $l=1, \dots, d$; $Z_{i,1}$ 表示第*i*个包围框所对应的验证样本库 Z_i 的第1个通道。

[0094] 基于第一图像、目标外观图像库及获得的各行人的包围框 B_i^d , $i=1,2,\dots,N$, 利用IDLA行人再识别模块获得各行人包围框 B_i^d 对应的第二验证分数 S_i^{IDLA} , 其方法为:

[0095] 步骤S4021, 提取第一图像中与包围框 B_i^d 相对应的子图像, 作为第三图像 m_i^d , $i=1,2,\dots,N$ 。

[0096] 步骤S4022, 依次选取存储在目标外观图像库 G_{IDLA} 中的图像 $\{m_1, m_2, m_3\}$, 将其与第三图像 m_i^d 组成图像对输入到IDLA行人再识别模块中, 输出相应图像对的相似度分数 $\{S_{i1}, S_{i2}, S_{i3}\}$, $i=1,2,\dots,N$ 。本发明一个具体的实施例中, IDLA行人再识别模块使用CUHK03数据集进行训练。

[0097] 步骤S4023, 对于第*i*个包围框 B_i^d 来说, $i=1,2,\dots,N$, 取 $\{S_{i1}, S_{i2}, S_{i3}\}$ 中的最大值作为该包围框对应的第二验证分数 S_i^{IDLA} , 如式 (8) 所示:

$$[0098] \quad S_i^{IDLA} = \max\{S_{i1}, S_{i2}, S_{i3}\} \quad \text{式(8)}$$

[0099] 步骤S50, 基于所述各行人包围框 B_i^d 对应的第一验证分数 S_i^{CCF} 和第二验证分数 S_i^{IDLA} , $i=1,2,\dots,N$, 根据预设的判断条件, 判断包围框 B_i^d 所包含的行人是否为目标行人, 并获取目标行人对应的包围框, 其方法为:

[0100] 选取满足 $S_i^{IDLA} > T_1^{IDLA} \cap S_i^{CCF} > T_1^{CCF}$ 、 $S_i^{IDLA} > T_2^{IDLA}$ 、 $S_i^{CCF} > T_2^{CCF}$ 中任意一个条件的包围框 B_i^d 作为目标行人对应的包围框, 并将其标记为 B_i^d ; 其中, T_1^{IDLA} 、 T_2^{IDLA} 、 T_1^{CCF} 、 T_2^{CCF} 为预设的阈值。本发明一个具体的实例中, 设置参数 $T_1^{IDLA}=0.3$, $T_2^{IDLA}=0.7$, $T_1^{CCF}=0.6$, $T_2^{CCF}=0.8$ 。

[0101] 步骤S60, 进行第一行人识别模块的模板 X^{CCF} 和相关滤波器参数 α^{CCF} 的离散傅里叶变换 $\hat{\alpha}^{CCF}$ 的更新, 其方法如式 (9) 所示: :

$$[0102] \quad \begin{cases} \hat{\alpha}^{CCF} \leftarrow (1-\eta)\hat{\alpha}^{CCF} + \eta\hat{\alpha}^t \\ X^{CCF} \leftarrow (1-\eta)X^{CCF} + \eta Z_t \end{cases} \quad \text{式(9)}$$

[0103] 其中, Z_t 为步骤S40中获得的第*t*个验证样本库, $\hat{\alpha}^t$ 为当前帧图像所对应的相关滤波器参数 α^t 的离散傅里叶变换, $\hat{\alpha}^t = \frac{\hat{Y}}{\hat{k}^{Z_t Z_t} + \lambda}$, “ $\hat{\cdot}$ ”表示离散傅里叶变换, η 为预设的学习率。本发明一个具体的实例中, 设置 $\eta=0.005$ 。

[0104] 步骤S70,进行目标外观图像库 G^{IDLA} 的更新,其方法为:

[0105] 判断目标外观图像库 G^{IDLA} 的更新计数器 F^{IDLA} 是否超过 F^{Update} ,其中, F^{Update} 为预设的更新计数值:当判断结果为是时,删除最早加入到 G^{IDLA} 的一张图像,将 B_i^d 在第一图像中对应的子图像加入到目标外观图像库 G^{IDLA} 中,将 F^{IDLA} 置0;当判断结果为否时,不进行目标外观图像库的更新,仅增加 F^{IDLA} 计数, $F^{IDLA}=F^{IDLA}+1$ 。

[0106] 本发明中步骤S60、S70的先后顺序可以调换,在本实施例中,为了清楚地对本发明技术方面进行描述,采用S60在先、S70在后的步骤关系,在其他实施例中,也可以先行执行步骤S70对应的内容,然后再执行步骤S60的内容,两个步骤内容执行先后顺序不会对本发明技术效果产生影响。

[0107] 术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不是用于描述或表示特定的顺序或先后次序。

[0108] 至此,已经结合附图所示的优选实施方式描述了本发明的技术方案,但是,本领域技术人员容易理解的是,本发明的保护范围显然不局限于这些具体实施方式。在不偏离本发明的原理的前提下,本领域技术人员可以对相关技术特征作出等同的更改或替换,这些更改或替换之后的技术方案都将落入本发明的保护范围之内。

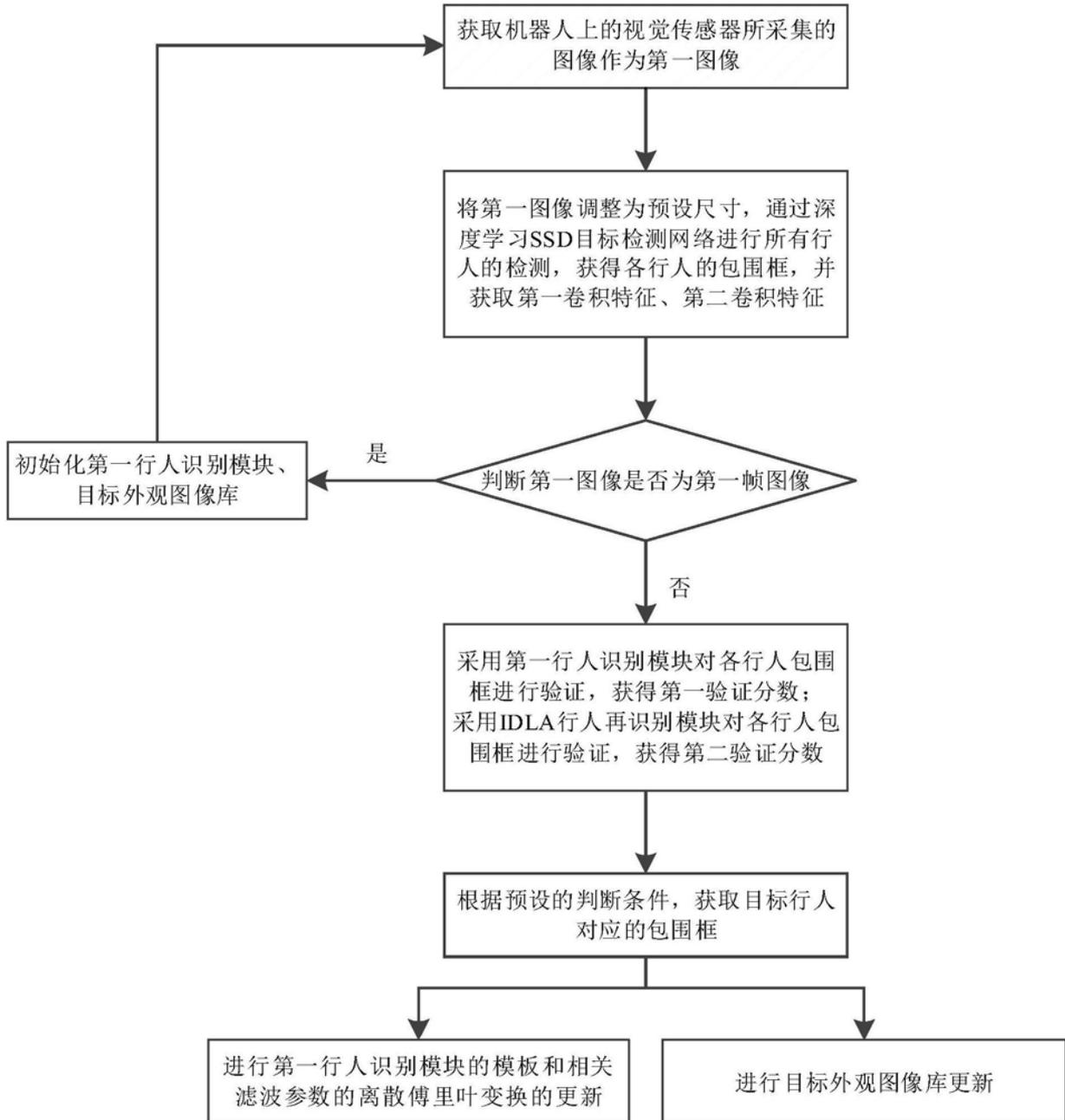


图1