

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103049765 A

(43) 申请公布日 2013. 04. 17

(21) 申请号 201210559197. 3

(22) 申请日 2012. 12. 21

(71) 申请人 武汉经纬视通科技有限公司

地址 430073 湖北省武汉市东湖高新技术开
发区关山大道光谷软件园 F1 栋 15 层

(72) 发明人 郑宏 胡学敏

(74) 专利代理机构 北京汇泽知识产权代理有限
公司 11228

代理人 张瑾

(51) Int. Cl.

G06K 9/66 (2006. 01)

G06K 9/46 (2006. 01)

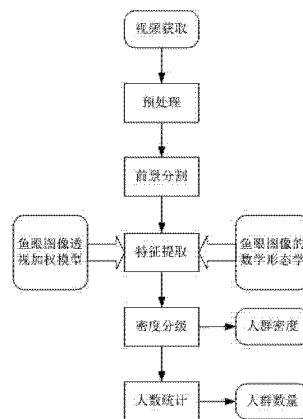
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种基于鱼眼相机的判断人群密度和人数的方法

(57) 摘要

本发明提供了一种基于鱼眼相机的判断人群密度和人数的方法,该方法包括:(1)获取背景图像;(2)获取人群监控视频图像;(3)人群监控视频图像的预处理;(4)前景分割;(5)人群目标特征提取;(6)人群密度分级;(7)人数统计;本发明不仅为了扩大监控的范围,而且解决传统人群监控方法中人体尺寸不一致的问题以及高密度人群中人体相互遮挡的问题,并且本发明实时性好,能够应用于实时的人群监控系统中。



1. 一种基于鱼眼相机的判断人群密度和人数的方法,其特征在于,该方法包括:

(1) 获取背景图像:当监控的兴趣区域中人数为零的时候,通过鱼眼相机、使用混合高斯背景建模的方法创建背景图像;

(2) 获取人群监控视频图像:通过鱼眼相机获取人群监控视频图像;

(3) 人群监控视频图像的预处理:对获取的实时人群监控视频图像进行分辨率和帧率的调整、兴趣区域 ROI 的划分;

(4) 前景分割:将人群监控视频图像与背景图像进行差分运算,再将差分后的图像进行二值分割即得到前景目标图像;

(5) 人群目标特征提取:建立鱼眼图像的透视加权模型,通过加权计算提取人群目标的下列特征:加权面积、加权轮廓周长、加权边缘点数、加权 Harris 角点数、加权切向梯度和加权面积梯度比;

(6) 人群密度分级:采用 AdaBoost 分类器作为密度分级分类器,将鱼眼图像的人群密度分为低、中、高三个等级,且依次用阿拉伯数字 1, 2, 3 表示;

(7) 人数统计:采用多元线性回归方法建立回归训练模型,计算当前人群监控视频图像中的人数。

2. 如权利要求 1 所述的一种基于鱼眼相机的判断人群密度和人数的方法,其特征在于:

所述的鱼眼相机的安装位置为监控场景中央的顶部。

3. 如权利要求 1 所述的一种基于鱼眼相机的判断人群密度和人数的方法,其特征在于:所述的人群监控视频图像的预处理中:

其分辨率的调整是将输入的视频图像的宽和高各调整至原来的 1/2;

其帧率的调整是根据人群密度和人数不可能在 1 秒以内发生突变,而将输入的视频图像的帧率调整至 1 帧/秒,即 1 秒钟检测一次人群的密度和人数;

其兴趣区域 ROI 的划分依据的是一种基于半径约束圆拟合的方法,具体步骤为:

a) 将鱼眼图像二值化;

b) 填充鱼眼图像的有效区域;

c) 用 Canny 算子提取边缘;

d) 采用半径约束圆拟合的方法求有效区域的中心点 P 和半径 R ;

e) 以中心点 P 为圆心,以 $0.85 * R$ 为半径来初步限定一个圆形区域作为人群监控的兴趣区域。

4. 如权利要求 1 所述的一种基于鱼眼相机的判断人群密度和人数的方法,其特征在于:所述的人群目标特征具体为:

(I) 加权面积 WA

$$WA = \sum_{(x,y) \in F} w_r(x,y)$$

其中, $w_r(x, y)$ 为鱼眼相机透视加权模型中坐标为 (x, y) 的像素点的加权值, F 为 ROI 内的前景图像区域;

(II) 加权轮廓周长 WCP

$$WCP = \sum_{(x,y) \in C} w_r(x,y)$$

其中, C 为使用基于链码的轮廓跟踪算法对前景二值图像提取的轮廓图像;

(III) 加权边缘点数 $WEPN$

$$WEPN = \sum_{(x,y) \in E} w_r(x,y)$$

其中, E 为使用 Canny 算子对人群图像进行边缘提取后的图像;

(IV) 加权 Harris 角点数 $WHCN$

$$WHCN = \sum_{(x,y) \in H} w_r(x,y)$$

其中, H 为人群前景区域 Harris 角点的坐标集;

(V) 加权切向梯度 WTG

$$WTG = \sum_{(x,y) \in T} w_r(x,y)$$

其中, T 为特征增强后的切向梯度图像;

(VI) 加权面积梯度比 $WAGR$

$$WAGR = WA / WTG$$

其中, WA 为加权面积特征, WTG 为加权切向梯度特征。

5. 如权利要求 1 所述的一种基于鱼眼相机的判断人群密度和人数的方法, 其特征在于: 所述的人数统计中, 采用多元线性回归方法建立回归训练模型并根据下式进行人数统计:

$$y = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + \hat{\beta}_3 x_3 + \hat{\beta}_4 x_4 + \hat{\beta}_5 x_5 + \hat{\beta}_6 x_6$$

其中, $x_1 \sim x_6$ 依次为从第 i 个训练样本图像中提取出来的 WA , WCP , $WEPN$, $WHCN$, WTG 和 $WAGR$ 的值, $\hat{\beta}_0 \sim \hat{\beta}_6$ 为回归参数的估计量, 在人数统计过程中, 计算测试图像的 6 个特征 WA , WCP , $WEPN$, $WHCN$, WTG 和 $WAGR$ 的值, 依次代入上式中的参数 $x_1 \sim x_6$ 中, 即可计算出当前测试图像中的人数 y 。

6. 如权利要求 5 所述的一种基于鱼眼相机的判断人群密度和人数的方法, 其特征在于:

所述的人数统计中, 回归参数的估计量 $\hat{\beta}_0 \sim \hat{\beta}_6$ 是按照下述方式得出的:

根据回归模型的数学表达式进行回归方程训练, 对于每一个样本图像, 分别计算 6 个特征作为自变量, 并且人工判读出每一个样本图像中人数作为因变量, 依据最小二乘法, 求出每一个回归参数的估计量 $\hat{\beta}_0 \sim \hat{\beta}_6$; 其中回归模型的数学表达式为:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \beta_4 x_{4i} + \beta_5 x_{5i} + \beta_6 x_{6i} + \varepsilon \quad i=1, 2, \dots, N$$

式中, $x_{1i} \sim x_{6i}$ 依次为从第 i 个训练样本图像中提取出来的 WA , WCP , $WEPN$, $WHCN$, WTG 和 $WAGR$ 的值, y_i 为第 i 个训练样本图像的实际人数, $\beta_0 \sim \beta_6$ 为回归系数, N 为训练样本图像的个数, ε 为回归模型的误差项。

一种基于鱼眼相机的判断人群密度和人数的方法

[0001]

技术领域

[0002] 本发明属于图像处理领域,特别是涉及一种图像中人群密度和人数的判断方法。

[0003]

背景技术

[0004] 近年来,随着城市人口密度的急剧增大,很多公共场所如地铁站、商场等常常会迎来短期的人流高峰。拥挤的人群容易引起各种突发事件,存在严重的安全隐患问题。因此,人群智能监控已经成为公共安全领域的一个急需解决的问题。目前,解决人群拥挤问题的主要途径是在人群密集的时候执行有效的疏散和分流措施。但是如果不管人群密集与否都安排在岗人员来疏流,就会造成严重的人员浪费现象。所以,进行人群管理的时候,对人群的密度估计和人数统计是一个极为重要的任务。

[0005] 传统的人群监控的方法,全部都是基于普通枪式摄像机的,这种基于枪式摄像机的方法监控范围小、盲点多。进行大范围监控需要进行选择拼接或者多处安装摄像机,这样必定造成实时性的降低和成本的增加。在检测精度方面,现有人群密度估计和人数统计方法,往往只能在人群密度较低或者中等的时候才能取得比较理想的效果,而对于高密度人群时,其检测效果明显降低。另外,现有的效果较好的人群监控方法,其算法往往比较复杂,实时性较差,难以应用于实时的系统中。

[0006] 目前出现了一些技术,在一定程度上解决了上述问题。中国专利号为CN102044073 A的专利中提出了一种判断图像中人群密度的方法及系统,由划块分析单元在由图像采集装置采集的视频图像样本中选择目标区域,并在所述的目标区域中进行图像块的划块分析,由编码单元确定二分类器的组合形式,由训练单元挑选置信训练样本并对各二分类器分别进行训练,由解码单元借组信道传输模型得到最大化后验概率的人群密度等级类别。该技术可以用于不同场景获取人群密度等级。但是,在一些实际人群监控应用过程中,人群密度往往较大,人体之间的遮挡比较严重,获取的图像中人体大小也不一致、图像有畸变现象发生,在这种情况下,采用划块分析方法来估计人群密度和人数基本上是不可能实现的,同时,该方法计算复杂度高,也在一定程度上影响了该系统的实时性和实用性。

[0007] 目前,迫切需要一种不仅能解决了图像中人体大小不一致和图像的畸变问题,而且能有效地解决了人群目标的相互遮挡问题,同时具备计算复杂度低、具备良好的实时性和实用性的判断人群密度和人数的方法。

[0008]

发明内容

[0009] 本发明所要解决的技术问题是提供一种不仅能解决了图像中人体大小不一致和图像的畸变问题,而且能有效地解决了人群目标的相互遮挡问题,同时具备计算复杂度低、具备良好的实时性和实用性的判断人群密度和人数的方法。

[0010] 本发明提供一种基于鱼眼相机的判断人群密度和人数的方法,该方法包括:

(1) 获取背景图像:当监控的兴趣区域中人数为零的时候,通过鱼眼相机、使用混合高斯背景建模的方法创建背景图像;

(2) 获取人群监控视频图像:通过鱼眼相机获取人群监控视频图像;

(3) 人群监控视频图像的预处理:对获取的实时人群监控视频图像进行分辨率和帧率的调整、兴趣区域 ROI 的划分;

(4) 前景分割:将人群监控视频图像与背景图像进行差分运算,再将差分后的图像进行二值分割即得到前景目标图像;

(5) 人群目标特征提取:建立鱼眼图像的透视加权模型,通过加权计算提取人群目标的下列特征:加权面积、加权轮廓周长、加权边缘点数、加权 Harris 角点数、加权切向梯度和加权面积梯度比;

(6) 人群密度分级:采用 AdaBoost 分类器作为密度分级分类器,将鱼眼图像的人群密度分为低、中、高三个等级,且依次用阿拉伯数字 1, 2, 3 表示;

(7) 人数统计:采用多元线性回归方法建立回归训练模型,计算当前人群监控视频图像中的人数。

[0011] 作为优选,所述的鱼眼相机的安装位置为监控场景中央的顶部,摄像机的主光轴与地面垂直,使得鱼眼相机具有垂直 180° 和水平 360° 的监控范围,这样可以有效加大监控范围。

[0012] 作为优选,所述的人群监控视频图像的预处理中:

其分辨率的调整是将输入的视频图像的宽和高各调整至原来的 1/2,即分辨率调整至原来的 1/4,这样有效地增强了算法的实时性;

其帧率的调整是根据人群密度和人数不可能在 1s 以内发生突变,而将输入的视频图像的帧率调整至 1 帧/秒,即 1s 钟检测一次人群的密度和人数,这样也有效地增强了算法的实时性;

其兴趣区域 ROI 的划分依据的是一种基于半径约束圆拟合的方法,具体步骤为:

a) 将鱼眼图像二值化;

b) 填充鱼眼图像的有效区域;

c) 用 Canny 算子提取边缘;

d) 采用半径约束圆拟合的方法求有效区域的中心点 P 和半径 R ;

e) 以中心点 P 为圆心,以 $0.85 * R$ 为半径来初步限定一个圆形区域作为人群监控的兴趣区域。

[0013] 其中,所述的 Canny 算子是 John F. Canny 于 1986 年开发出来的一个多级边缘检测算法。

[0014] 作为优选,所述的人群目标特征具体为:

(I) 加权面积 WA

$$WA = \sum_{(x,y) \in F} w_r(x,y)$$

其中, $w_r(x, y)$ 为鱼眼相机透视加权模型中坐标为 (x, y) 的像素点的加权值, F 为 ROI 内的前景图像区域;

(II) 加权轮廓周长 WCP

$$WCP = \sum_{(x,y) \in C} w_r(x,y)$$

其中, C 为使用基于链码的轮廓跟踪算法对前景二值图像提取的轮廓图像;

(III) 加权边缘点数 WEPN

$$WEPN = \sum_{(x,y) \in E} w_r(x,y)$$

其中, E 为使用 Canny 算子对人群图像进行边缘提取后的图像;

(IV) 加权 Harris 角点数 WHCN

$$WHCN = \sum_{(x,y) \in H} w_r(x,y)$$

其中, H 为人群前景区域 Harris 角点的坐标集;

(V) 加权切向梯度 WTG

$$WTG = \sum_{(x,y) \in T} w_r(x,y)$$

其中, T 为特征增强后的切向梯度图像;

(VI) 加权面积梯度比 WAGR

$$WAGR = WA / WTG$$

其中, WA 为加权面积特征, WTG 为加权切向梯度特征;

作为优选, 所述的人数统计中, 采用多元线性回归方法建立回归训练模型并根据下式进行人数统计:

$$y = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + \hat{\beta}_3 x_3 + \hat{\beta}_4 x_4 + \hat{\beta}_5 x_5 + \hat{\beta}_6 x_6$$

其中, $x_1 \sim x_6$ 依次为从第 i 个训练样本图像中提取出来的 WA , WCP , $WEPN$, $WHCN$, WTG 和 $WAGR$ 的值, $\hat{\beta}_0 \sim \hat{\beta}_6$ 为回归参数的估计量, 在人数统计过程中, 计算测试图像的 6 个特征 WA , WCP , $WEPN$, $WHCN$, WTG 和 $WAGR$ 的值, 依次代入上式中的参数 $x_1 \sim x_6$ 中, 即可计算出当前测试图像中的人数 y 。

[0015] 作为优选, 所述的人数统计中, 回归参数的估计量 $\hat{\beta}_0 \sim \hat{\beta}_6$ 是按照下述方式得出的:

根据回归模型的数学表达式进行回归方程训练, 对于每一个样本图像, 分别计算 6 个特征作为自变量, 并且人工判读出每一个样本图像中人数作为因变量, 依据最小二乘法, 求出每一个回归参数的估计量 $\hat{\beta}_0 \sim \hat{\beta}_6$; 其中回归模型的数学表达式为:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \beta_4 x_{4i} + \beta_5 x_{5i} + \beta_6 x_{6i} + \varepsilon \quad i=1,2,\dots,N$$

式中, $x_{1i} \sim x_{6i}$ 依次为从第 i 个训练样本图像中提取出来的 WA , WCP , $WEPN$, $WHCN$, WTG 和 $WAGR$ 的值, y_i 为第 i 个训练样本图像的实际人数, $\beta_0 \sim \beta_6$ 为回归系数, N 为训练样本图像的个数, ε 为回归模型的误差项。

[0016] 本发明将获得的密度等级和人数信息提供给用户, 结合用户预先设定的报警阈

值,实现报警等警示功能,达到人群智能监控的目的,当然用户预先设定的报警阈值是可以根据实际情况进行变更的。

[0017] 本发明不仅为了扩大监控的范围,而且解决传统人群监控方法中人体尺寸不一致的问题以及高密度人群中人体相互遮挡的问题,并且本发明实时性良好,能够应用于实时的人群监控系统中。

[0018] 本发明主要针对但是不局限于室内场景的人群监控,获取人群的密度和人数信息。

[0019]

附图说明

[0020] 图 1 为本发明的基于鱼眼相机的判断人群密度和人数的方法流程图。

[0021] 图 2 为本发明的鱼眼相机的成像原理示意图。

[0022] 图 3 为本发明的鱼眼相机的切向梯度图像计算示意图。

[0023] 图 4 为本发明使用的一种鱼眼图像的数学形态学方法对切向梯度图像进行形态学径向腐蚀和径向膨胀处理过程示意图。

[0024]

具体实施方式

[0025] 下面结合附图所示实施例对本发明作详细描述,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0026] 本实施例主要针对室内场景的人群监控,获取人群的密度和人数信息。如图 1 所示,其具体方法流程包含以下步骤:

(1) 获取背景图像:当监控的兴趣区域中人数为零的时候,通过鱼眼相机、使用混合高斯背景建模的方法创建背景图像;

(2) 获取人群监控视频图像:

在监控场景中安装鱼眼相机,获取实时的人群监控视频,其安装位置为监控场景中央的顶部,摄像机的主光轴与地面垂直,使得鱼眼相机具有垂直 180° 和水平 360° 的监控范围。

[0027] (3) 人群监控视频图像的预处理:

本发明中预处理包含两个过程:分辨率和帧率的调整,兴趣区域(Region of Interest, ROI) ROI 的划分。

[0028] 为了提高算法的实时性,将输入的视频图像的宽和高各调整至原来的 $1/2$,即分辨率调整至原来的 $1/4$;鉴于人群密度和人数不可能在 $1s$ 以内发生突变,因此将待检测的视频的帧率调整至 1 帧/秒,即 $1s$ 钟检测一次人群的密度和人数。

[0029] 本发明的人群智能监控方法的 ROI 划分方法是一种基于半径约束圆拟合的方法。其具体步骤为:

a) 将鱼眼图像二值化;

b) 填充鱼眼图像的有效区域；

c) 用 Canny 算子提取边缘,其中,所述的 Canny 算子是 John F. Canny 于 1986 年开发出来的一个多级边缘检测算法。

[0030] d) 采用半径约束圆拟合的方法求有效区域的中心点 P 和半径 R ；

e) 以中心点 P 为圆心,以 $k*R$ 为半径来初步限定一个圆形区域作为人群监控的兴趣区域, k 一般取 0.85。

[0031] (4) 前景分割：

本发明采用一种基于面积反馈机制的混合高斯背景差分法来进行人群目标分割,该方法的基本思想是利用计算出来的加权面积信息来决定是否需要更新当前的背景,具体做法是:人工观察视频中的人群目标,当监控的兴趣区域中人数为零的时候,使用混合高斯背景建模的方法创建背景图像;一旦背景图像创建完毕,系统不用每帧都进行背景更新,而是通过系统反馈的加权面积信息,判断当前图像兴趣区域中目标的多少。当此时兴趣区域内的加权面积低于面积阈值的时候,背景图像开始更新,否则背景图像不更新。如果上一次更新背景图像的时间与这次更新背景图像的时间的差小于一定的时间,则背景图像更新推迟,直到两次背景图像更新的时间之差达到一定的阈值且当前加权面积小于一定的阈值的时候,背景图像开始更新。一般情况下,时间阈值设为 5 秒。在获取背景图像以后,将原始视频图像与背景图像进行差分运算,再将差分后的图像进行二值分割即得到前景目标图像。

[0032] (5) 人群目标特征提取：

请见图 2,本发明在提出人群目标的时候,首先依据鱼眼图像的成像原理,分析鱼眼图像的透视结构,建立一个鱼眼图像的透视加权模型。图 2 为鱼眼图像成像的二维示意图,其中,下方的直线表示水平面,右上角的半圆表示鱼眼透镜组合,半圆上面的线段表示成像靶面。 G 为水平面上的中心位置,即主光轴与水平面的交点, g 为 G 在成像靶面上的投影。 A 为透镜组的物镜中心。 f 为透镜的焦距, H 为透镜离水平面之间的垂直距离。 Q_r 为水平面 ROI 内任意一点,其在成像靶面上的投影为 q_r , Q_r 发出的光线入射到 A ,与主光轴形成的夹角为 θ 。左上角的圆表示与成像靶面对应的图像。 P_c 为图像中心, P_r 和 P_R 分别为 q_r 和 q_R 对应的图像中的像素点。

[0033] 鱼眼相机的透视加权模型基于三个假设条件:所有人体的高度都相近;所有人体都处于同一水平面上;图像的中心即摄像机成像靶面的中心。另外,令 ε 为图像单个像素点在成像靶面上的长度,即像元尺寸,单位为毫米/像素;令 r 为 P_r 到图像中心 P_c 的距离, R 为 P_R 到 P_c 的距离,即鱼眼图像 ROI 的半径, r 和 R 单位也为像素;令 d_r 为成像靶面上的点 q_r 到靶面中心 g 之间的距离, d_R 为 q_R 到 g 之间的距离, d_r 和 d_R 的单位为毫米;令水平面上点 Q_r 到物镜中心 A 之间的距离为 D_r ,单位为毫米。

[0034] 由图 2 的几何关系以及鱼眼相机的等距投影公式可以求出水平面上的任意一点 Q_r 到相机之间(物镜中心 A)之间的距离为：

$$D_r = H \left| \sec \frac{r \varepsilon}{f} \right|$$

令图像正中心的像素点 P_c 点的权值为 $w_c=1$,则图像中离 P_c 点的距离为 r 的像素点的权值 w_r 应为：

$$w_r = \frac{D_r}{D_g} = \left| \sec \frac{r\epsilon}{f} \right|$$

在得到鱼眼图像的透视加权模型之后,通过加权计算提取人群目标的下列 6 个特征:

(I) 加权面积 WA (Weighted Area)

$$WA = \sum_{(x,y) \in F} w_r(x,y)$$

其中, $w_r(x,y)$ 为鱼眼相机透视加权模型中坐标为 (x,y) 的像素点的加权值, F 为 ROI 内的前景图像区域。

[0035] (II) 加权轮廓周长 WCP (Weighted Contour Perimeter)

$$WCP = \sum_{(x,y) \in C} w_r(x,y)$$

其中, C 为使用基于链码的轮廓跟踪算法对前景二值图像提取的轮廓图像。

[0036] (III) 加权边缘点数 WEPN (Weighted Edge Pixel Number)

$$WEPN = \sum_{(x,y) \in E} w_r(x,y)$$

其中, E 为使用 Canny 算子对人群图像进行边缘提取后的图像。

[0037] (IV) 加权 Harris 角点数 WHCN (Weighted Harris Corner Number)

$$WHCN = \sum_{(x,y) \in H} w_r(x,y)$$

其中, H 为人群前景区域 Harris 角点的坐标集。

[0038] (V) 加权切向梯度 WTG (Weighted Tangential Gradient)

如图 3 所示, P 为鱼眼图像中任意一点, 其坐标为 (x,y) , $P_1 \sim P_8$ 为 P 点的 8 邻域, O 为鱼眼图像的圆心, 坐标为 (x_c, y_c) ;

由于直线 PO 的方向是向心方向, 且与点 P_4 和点 P_8 所在的直线 P_4P_8 是同一直线, 因此直线 P_4P_8 的方位角可以表达为:

$$\theta_{48} = \arctan \frac{y - y_c}{x - x_c}$$

P 点的坐标已知, 依据直线的极坐标方程, 可以计算出直线 P_4P_8 上任意一点的坐标为:

$$\begin{cases} x_{48} = x + k \cos \theta_{48} \\ y_{48} = y + k \sin \theta_{48} \end{cases}$$

令 k 分别等于 1 和 -1, 依据上式计算并且用四舍五入的方法取整, 则可以得到点 P_4 和 P_8 的坐标 (x_{p4}, y_{p4}) 和 (x_{p8}, y_{p8}) ;

分别以 P_4 , P 和 P_8 三点为基准点, 使用 2 邻域方法中计算点 P_1 和 P_2 坐标的方法即可以计算出 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_5 、 P_6 、 P_7 的坐标;

在已知点 $P_1 \sim P_8$ 的坐标之后, P 点的 8 邻域切向梯度可以通过下式来计算:

$$G_t(P) = |I(P_1) + 2I(P_2) + I(P_3) - I(P_5) - 2I(P_6) - I(P_7)|$$

其中, I 为原始灰度图像, G_t 为求得的切向梯度图像;

在得到切向梯度图像之后, 为了使切向梯度特征更加明显, 本发明中使用了一种鱼眼图像的数学形态学方法对切向梯度图像进行形态学处理, 包含径向腐蚀与径向膨胀, 其数学表达式分别为:

径向腐蚀

$$E(x, y) = (I \ominus T)(x, y) = \underset{k \rightarrow (n-1)/2}{\overset{(n-1)/2}{AND}} [I(x+k \cos \theta, y+k \sin \theta) \& T(k+(n-1)/2)]$$

径向膨胀:

$$D(x, y) = (I \oplus T)(x, y) = \underset{k \rightarrow (n-1)/2}{\overset{(n-1)/2}{OR}} [I(x+k \cos \theta, y+k \sin \theta) | T(k+(n-1)/2)]$$

其中, $\theta = \arctan \frac{y-y_c}{x-x_c}$, 如图 4 所示, (x_c, y_c) 为假设图像中心点 O 点坐标, (x, y) 为

图像中任意一点 P 点的坐标。 $I(x, y)$ 为待处理的二值图像, $T(i, j)$ 作为径向结构元素的二值模板, n 为径向结构元素的长度, $E(x, y)$ 和 $D(x, y)$ 分别表示腐蚀和膨胀后的图像;

在得到人群图像的切向梯度图像之后, 使用一个 $n \times 1$ 的径向结构元素对切向梯度图像进行径向腐蚀和径向膨胀操作, 进行径向腐蚀操作时, n 取 5; 进行径向膨胀操作时, n 取 7, 在进行梯度增强处理之后, 就可以利用增强后的切向梯度图像计算人群目标的加权切向梯度特征, 其数学表达式为:

$$WTG = \sum_{(x,y) \in T} w_r(x, y)$$

其中, T 为特征增强后的切向梯度图像。

[0039] (VI) 加权面积梯度比 WAGR (Weighted Area- Gradient Ratio)

$$WAGR = WA / WTG$$

其中, WA 为加权面积特征, WTG 为加权切向梯度特征。

[0040] (6) 人群密度分级

本发明中采用 AdaBoost 分类器作为密度分级分类器, 将鱼眼图像的人群密度分为低、中、高三个等级, 并且依次用阿拉伯数字 1, 2, 3 表示。

[0041] (7) 人数统计

本发明采用多元线性回归的方法, 对人群目标进行人数统计, 其回归模型的数学表达式为:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \beta_4 x_{4i} + \beta_5 x_{5i} + \beta_6 x_{6i} + \varepsilon \quad i=1, 2, \dots, N$$

其中, $x_{1i} \sim x_{6i}$ 依次为从第 i 个训练样本图像中提取出来的 WA , WCP , $WEPN$, $WHCN$, WTG 和 $WAGR$ 的值, y_i 为第 i 个训练样本图像的实际人数, $\beta_0 \sim \beta_6$ 为回归系数, N 为训练样本图像的个数, ε 为回归模型的误差项。

[0042] 在回归方程训练过程中, 对于每一个样本图像, 分别计算 6 个特征作为自变量, 并且人工判读出每一个样本图像中人数作为因变量。依据最小二乘法, 求出每一个回归参数的估计量 $\hat{\beta}_0 \sim \hat{\beta}_6$, 即可得到回归方程:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_6$$

在人数统计过程中,计算测试图像的 6 个特征 WA , WCP , $WEPN$, $WHCN$, WTG 和 $WAGR$ 的值,依次代入上式中的参数 $x_1 \sim x_6$ 中,即可计算出当前测试图像中的人数 y 。

[0043] 其中,分类器和回归函数的训练的步骤如下:

- (1) 选择没有人的时候,采集一张背景图像作为初始背景图像;
- (2) 采集训练用的人群视频图像,对每一帧样本图像进行预处理,包括分辨率的调整,使用半径约束圆拟合的方法进行 ROI 划分;
- (3) 使用基于面积反馈机制的混合高斯背景差分法进行人群目标的分割;
- (4) 提取每一帧训练样本图像的加权面积、加权轮廓周长、加权边缘点数、加权 Harris 角点数、加权切向梯度和加权面积梯度比这 6 个特征,组成 6 维的特征矢量;
- (5) 存储所用训练样本图像的特征矢量;
- (6) 人工判读每一幅样本图像的密度等级和人数,并进行数据存储;
- (7) 将所有样本图像的特征矢量与人工判读得到的密度等级,输入 AdaBoost 分类器中进行训练,得到训练好的分类器;
- (8) 将所有样本图像的特征矢量与人工判读得到的人数,分别作为线性函数回归的自变量与因变量,使用最小二乘法则计算出回归参数的估计量,得到回归方法。

其中,实时人群密度估计与人数统计步骤为:

- (1) 通过网络相机获取实时的人群监控视频;
- (2) 对采集的视频图像进行预处理,包括分辨率和帧率的调整,以及 ROI 的划分;
- (3) 采用面积反馈机制的混合高斯背景差分方法,对 ROI 内的图像进行前景分割;
- (4) 提取每一帧监控图像的加权面积、加权轮廓周长、加权边缘点数、加权 Harris 角点数、加权切向梯度和加权面积梯度比这 6 个特征,组成 6 维的特征矢量;
- (5) 将计算得到的特征矢量,输入已经训练好的 AdaBoost 分类器,得到当前帧图像的人群密度等级;
- (6) 将计算得到的特征矢量,作为自变量代入回归方程,计算得到当前帧图像的人数。

[0044] 本发明将获得的密度等级和人数信息提供给用户,结合用户预先设定的报警阈值,实现报警等警示功能,达到人群智能监控的目的,当然用户预先设定的报警阈值是可以根据实际情况进行变更。

[0045] 本发明不仅为了扩大监控的范围,而且解决传统人群监控方法中人体尺寸不一致的问题以及高密度人群中人体相互遮挡的问题,并且本发明实时性良好,能够应用于实时的人群监控系统中。

[0046] 本发明主要针对但是不局限于室内场景的人群监控,获取人群的密度和人数信息。以上所述实施例仅是为充分说明本发明而所举的较佳的实施例,本发明的保护范围不限于此。本技术领域的技术人员在本发明基础上所作的等同替代或变换,均在本发明的保护范围之内。本发明的保护范围以权利要求书为准。

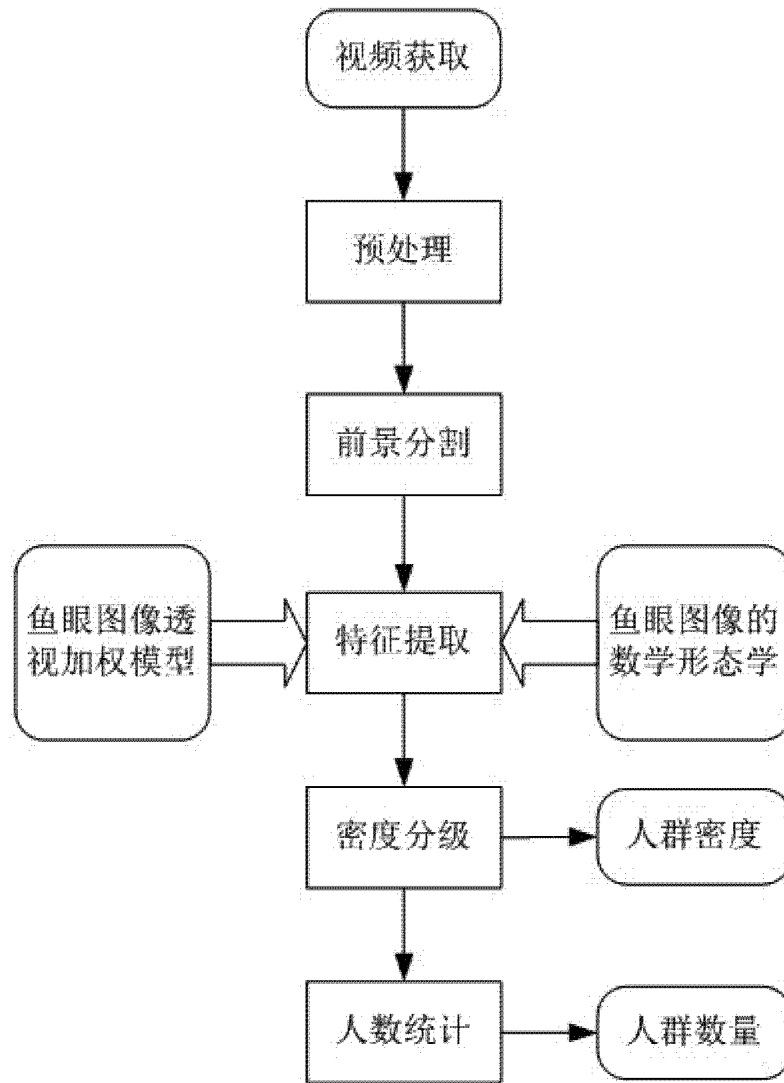


图 1

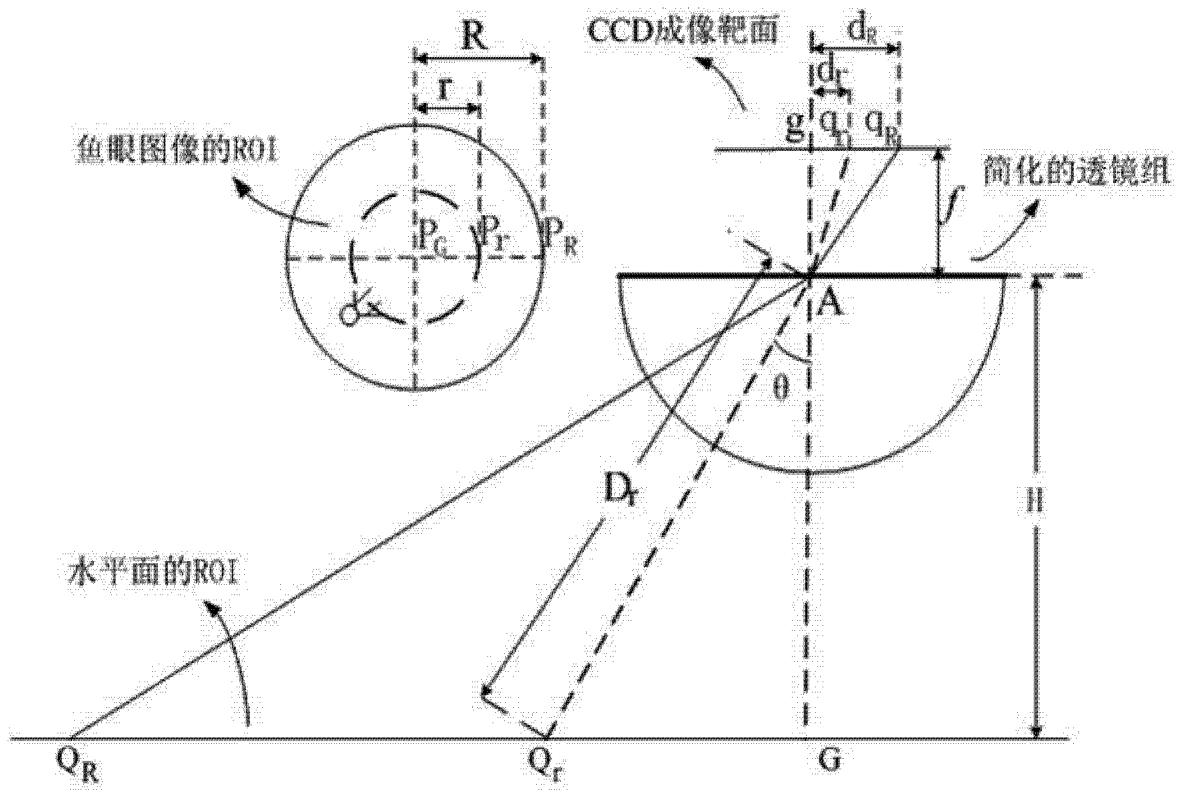


图 2

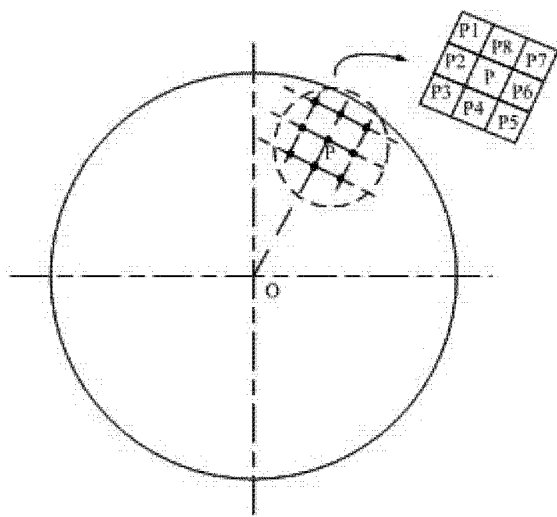


图 3

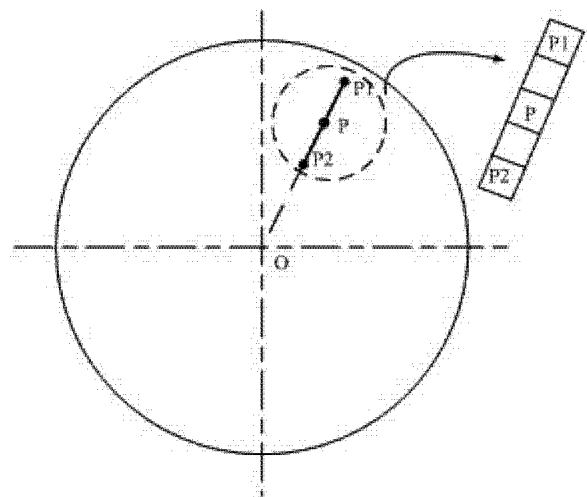


图 4