



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104123734 A

(43) 申请公布日 2014. 10. 29

(21) 申请号 201410350758. 8

(22) 申请日 2014. 07. 22

(71) 申请人 西北工业大学

地址 710072 陕西省西安市友谊西路 127 号

(72) 发明人 郝润平 张艳宁 张福俊

(74) 专利代理机构 西北工业大学专利中心

61204

代理人 王鲜凯

(51) Int. Cl.

G06T 7/20 (2006. 01)

权利要求书2页 说明书5页

(54) 发明名称

基于可见光和红外检测结果融合的运动目标检测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于可见光和红外检测结果融合的运动目标检测方法,用于解决现有运动目标检测方法检测效果差的技术问题。技术方案是首先利用 ViBe 的背景提取方法提取可见光图像的前景图。得到前景图后,将其转换到 LUV 空间进行阴影判断;其次,通过显著性检测的方法提取红外图像的显著图;最后,融合两者的检测结果,提取最终的运动目标。本发明方法可以有效应对阴影及光照强度环境变化导致目标检测效果差的技术问题,达到全天候检测的效果。

1. 一种基于可见光和红外检测结果融合的运动目标检测方法,其特征在于包括以下步骤:

步骤一、对于可见光第一帧图像,从像素点 (x, y) 八领域中随机选取 N 个像素值,初始化背景模型 $\{B^n, n = 1, 2, \dots, N\}$ 对应位置点;

从第二帧图像开始进行像素点匹配;在时刻 t , 判断当前帧 I^t 在 (x, y) 处像素 $i(x, y)$ 与背景样本 B^n 的像素 $b(x, y)$ 匹配状态:

$$\Gamma(n) = \begin{cases} 1, & \text{dis}(i(x, y), b(x, y)) < D_d \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

其中, $\text{dis}()$ 表示当前像素与背景像素之间的欧式距离, $D_d = 20$ 表示距离阈值;

当满足距离阈值 D_d 的次数小于 T_c 时, $T_c = 2$, 标记该像素点为前景;否则标记该像素点为背景;

$$VF^t(i) = \begin{cases} 255, & \sum_{n=1}^N \Gamma(n) < T_c \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

其中, VF^t 是一个二值图,表示前景像素时,值为 255;表示背景像素时,值为 0;

设定背景更新概率为 ϕ , 当像素 $i(x, y)$ 被标记背景像素时,有 $1/\phi$ 的概率更新其背景模型;假设该像素的某个背景模型 B^n 要更新,首先用 $i(x, y)$ 更新背景模型 B^n 对应位置像素 $b(x, y)$;然后在样本 B^n 对应位置的八领域内随机选取一个像素位置使用 $i(x, y)$ 更新对应像素;

步骤二、通常在 LUV 空间阴影区域中像素的亮度 L 会低于背景区域的亮度 L , 阴影区域与背景区域的色度相似,但是差值的取值范围较大;像素 $i(x, y)$ 被判断为阴影点时,要满足下述条件:

$$a. \theta_1 \leq 0^L \leq \theta_2, 0^L = i^L(x, y)/b^L(x, y) \quad (3)$$

$$b. 0^{UV} \leq \beta, \quad 0^{UV} = \sqrt{(i^U(x, y) - b^U(x, y))^2 + (i^V(x, y) - b^V(x, y))^2} \quad (4)$$

这里, 0^L 为亮度变化, 0^{UV} 为色度变化, $\theta_1, \theta_2, \beta$ 是判定阈值;

当像素经阴影判定函数判断为阴影后,分别对该像素的 $0^L, 0^{UV}$ 分量进行混合高斯建模,进一步对阴影点进行验证,以降低阴影的错检率;

步骤三、使用一个组合的 DoG 滤波器计算图像的高频和低频信息,单个 DoG 滤波器表示如下:

$$\begin{aligned} DoG(x, y) &= \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{\sigma_1^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma_1^2}\right) - \frac{1}{\sigma_2^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma_2^2}\right) \right] \\ &= G(x, y, \sigma_1) - G(x, y, \sigma_2) \end{aligned} \quad (5)$$

DoG 滤波器的带宽由 $\rho = \sigma_1/\sigma_2$ 决定, σ_1, σ_2 表示高斯标准差 ($\sigma_1 > \sigma_2$); σ_1 决定着低频信息的选取, σ_2 决定着高频信息的选取;考虑 M 个 DoG 的组合滤波器:

$$\sum_{m=0}^{M-1} (G(x, y, \rho^{m+1}\sigma_2) - G(x, y, \rho^m\sigma_2)) = G(x, y, \rho^M\sigma_2) - G(x, y, \sigma_2) \quad (6)$$

其中, M 表示大于 0 的整数,式 (6) 被简化成两个高斯函数的差;组合滤波器的带宽由

$K = \rho^M$ 决定；

计算红外视频序列的显著性特征,令 $M = \infty$,使得 K 值尽可能大,这时 $G(x, y, \rho^M \sigma_2)$ 就是对整个图像的平均;红外图像的显著性计算如下:

$$Sal(x, y) = \|H_u - H_{w_{he}}(x, y)\| \quad (7)$$

计算显著性之前,将颜色空间转换到 CIELAB 空间; H_u 为图像平均值, $H_{w_{he}}(x, y)$ 是像素在高斯平滑后的颜色特征, $\|\cdot\|$ 为 L2 范式;

提取红外显著图之后,进行二值分割得到显著前景图 SF^t ;

步骤四、融合红外和可见光检测结果;

记融合结果图为 $I_{f,s}$,以可见光和红外两种检测结果标记像素点,

会产生三种可能的情况:

(a) 可见光前景检测结果和红外前景检测结果都表明该像素为前景点;即

$$VF^t(x, y) = 255, SF^t(x, y) = 255, \quad (8)$$

此时标记 $I_{f,s}(x, y) = 255$;

(b) 可见光前景检测结果表明该像素为前景点,红外前景检测表明该像素不是前景点或可见光前景检测结果表明该像素不是前景点,红外前景检测表明该像素是前景点;这里采用对可见光图和红外显著图对应位置点加权平均的方式标记该像素值;此时融合像素点值标记为

$$I_{f,s}(x, y) = \frac{(1 + \lambda)VF^t(x, y)}{3} + \frac{(2 - \lambda)Sal^t(x, y)}{3} \quad (9)$$

当显著图像素点 8 领域的平均值大于原图均值的 2 倍时 $\lambda = 1$, 否则为 0;

$$\lambda = \begin{cases} 1, \text{mean}(\sum \text{neig}_8(Sal^t(x, y))) > 2 * \text{mean}(Sal^t) \\ 0, \text{其他} \end{cases} \quad (10)$$

其中, $\text{mean}()$ 表示均值, $\sum \text{neig}_8()$ 表示 8 领域的和;

(c) 可见光前景检测结果和红外前景检测结果都表明该像素为非前景点;这里标记该像素点值为红外显著图对应位置点的三分之一;

$$I_{f,s}(x, y) = \frac{Sal^t(x, y)}{3} \quad (11)$$

经过以上步骤得到融合结果图 $I_{f,s}$ 后,进行二值分割,并作形态学处理,得到最终目标检测结果。

基于可见光和红外检测结果融合的运动目标检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种运动目标检测方法,特别是涉及一种基于可见光和红外检测结果融合的运动目标检测方法。

背景技术

[0002] 运动目标检测作为视频监控的基础工作,它的主要任务是从视频序列中将运动变化的区域从背景图像中分割提取出来,以备后续的目标跟踪、行为分析使用。目标检测方法能够有效克服光照变化,背景运动,相机抖动等多重影响,准确提取运动目标,具有重要的意义。现有方法多数在单源传感器成像上研究,主要检测方法有基于像素的检测方法和基于特征的检测方法。

[0003] 文献“ViBe:a powerful random technique to estimate the background in video sequence. ICASSP, 2009, 4:945-948”公开了一种基于像素的目标检测方法,提取目标背景区域。该方法采用随机选择策略和像素空间一致性原则,进行前景检测。该方法首先用第一帧图像初始化样本容量为 N 的背景模型;然后计算当前像素点与样本点间距离满足阈值的次数来判断前景点;最后以随机策略更新背景样本点及样本点的领域。该方法具有内存容量小,速度快的特点,但是当光照强度较强,存在大量阴影时,检测效果会下降,而且当光照强度变化,比如阴雨、夜晚等弱光环境下,不能实时检测目标,实现全天候检测。

发明内容

[0004] 为了克服现有运动目标检测方法检测效果差的不足,本发明提供一种基于可见光和红外检测结果融合的运动目标检测方法。该方法首先利用 ViBe 的背景提取方法提取可见光图像的前景图。得到前景图后,将其转换到 LUV 空间进行阴影判断;其次,通过显著性检测的方法提取红外图像的显著图;最后,融合两者的检测结果,提取最终的运动目标。本发明方法可以有效应对阴影及光照强度环境变化导致目标检测效果差的技术问题,达到全天候检测的效果。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:一种基于可见光和红外检测结果融合的运动目标检测方法,其特点是包括以下步骤:

[0006] 步骤一、对于可见光第一帧图像,从像素点 (x, y) 八领域中随机选取 N 个像素值,

[0007] 初始化背景模型 $\{B^n, n = 1, 2, \dots, N\}$ 对应位置点。

[0008] 从第二帧图像开始进行像素点匹配。在时刻 t , 判断当前帧 I^t 在 (x, y) 处像素 $i(x, y)$ 与背景样本 B^n 的像素 $b(x, y)$ 匹配状态:

[0009]

$$\Gamma(n) = \begin{cases} 1, & \text{dis}(i(x, y), b(x, y)) < D_d \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

[0010] 其中, $\text{dis}()$ 表示当前像素与背景像素之间的欧式距离, $D_d = 20$ 表示距离阈值。

[0011] 当满足距离阈值 D_d 的次数小于 T_c 时, $T_c = 2$, 标记该像素点为前景;否则标记该像

素点为背景。

[0012]

$$VF^t(i) = \begin{cases} 255, & \sum_{n=1}^N \Gamma(n) < T_c \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

[0013] 其中, VF^t 是一个二值图, 表示前景像素时, 值为 255; 表示背景像素时, 值为 0。

[0014] 设定背景更新概率为 ϕ , 当像素 $i(x, y)$ 被标记背景像素时, 有 $1/\phi$ 的概率更新其背景模型。假设该像素的某个背景模型 B^n 要更新, 首先用 $i(x, y)$ 更新背景模型 B^n 对应位置像素 $b(x, y)$; 然后在样本 B^n 对应位置的八邻域内随机选取一个像素位置使用 $i(x, y)$ 更新对应像素。

[0015] 步骤二、通常在 LUV 空间阴影区域中像素的亮度 L 会低于背景区域的亮度 L , 阴影区域与背景区域的色度相似, 但是差值的取值范围较大。像素 $i(x, y)$ 被判断为阴影点时, 要满足下述条件:

$$[0016] \quad a. \theta_1 \leq 0^L \leq \theta_2, 0^L = i^L(x, y)/b^L(x, y) \quad (3)$$

[0017]

$$b. 0^{UV} \leq \beta, \quad 0^{UV} = \sqrt{(i^U(x, y) - b^U(x, y))^2 + (i^V(x, y) - b^V(x, y))^2} \quad (4)$$

[0018] 这里, 0^L 为亮度变化, 0^{UV} 为色度变化, $\theta_1, \theta_2, \beta$ 是判定阈值。

[0019] 当像素经阴影判定函数判断为阴影后, 分别对该像素的 $0^L, 0^{UV}$ 分量进行混合高斯建模, 进一步对阴影点进行验证, 以降低阴影的错检率。

[0020] 步骤三、使用一个组合的 DoG 滤波器计算图像的高频和低频信息, 单个 DoG 滤波器表示如下:

$$[0021] \quad \begin{aligned} DoG(x, y) &= \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{\sigma_1^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma_1^2}\right) - \frac{1}{\sigma_2^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma_2^2}\right) \right] \\ &= G(x, y, \sigma_1) - G(x, y, \sigma_2) \end{aligned} \quad (5)$$

[0022] DoG 滤波器的带宽由 $\rho = \sigma_1/\sigma_2$ 决定, σ_1, σ_2 表示高斯标准差 ($\sigma_1 > \sigma_2$)。 σ_1 决定着低频信息的选取, σ_2 决定着高频信息的选取。考虑 M 个 DoG 的组合滤波器:

$$[0023] \quad \sum_{m=0}^{M-1} (G(x, y, \rho^{m+1}\sigma_2) - G(x, y, \rho^m\sigma_2)) = G(x, y, \rho^M\sigma_2) - G(x, y, \sigma_2) \quad (6)$$

[0024] 其中, M 表示大于 0 的整数, 式 (6) 被简化成两个高斯函数的差。组合滤波器的带宽由 $K = \rho^M$ 决定。

[0025] 计算红外视频序列的显著性特征, 令 $M = \infty$, 使得 K 值尽可能大, 这时 $G(x, y, \rho^M\sigma_2)$ 就是对整个图像的平均。红外图像的显著性计算如下:

$$[0026] \quad Sal(x, y) = \|H_u - H_{w_{he}}(x, y)\| \quad (7)$$

[0027] 计算显著性之前, 将颜色空间转换到 CIELAB 空间。 H_u 为图像平均值, $H_{w_{he}}(x, y)$ 是像素在高斯平滑后的颜色特征, $\|\cdot\|$ 为 L2 范式。

[0028] 提取红外显著图之后, 进行二值分割得到显著前景图 SFt 。

[0029] 步骤四、融合红外和可见光检测结果。

[0030] 记融合结果图为 $I_{f,s}$, 以可见光和红外两种检测结果标记像素点,

[0031] 会产生三种可能的情况:

[0032] (a) 可见光前景检测结果和红外前景检测结果都表明该像素为前景点。即

$$[0033] \quad VF^t(x, y) = 255, SF^t(x, y) = 255, \quad (8)$$

[0034] 此时标记 $I_{f,s}(x, y) = 255$ 。

[0035] (b) 可见光前景检测结果表明该像素为前景点, 红外前景检测表明该像素不是前景点或可见光前景检测结果表明该像素不是前景点, 红外前景检测表明该像素是前景点。这里采用对可见光图和红外显著图对应位置点加权平均的方式标记该像素值。此时融合像素点值标记为

$$[0036] \quad I_{f,s}(x, y) = \frac{(1+\lambda)VF^t(x, y)}{3} + \frac{(2-\lambda)Sal^t(x, y)}{3} \quad (9)$$

[0037] 当显著图像素点 8 领域的平均值大于原图均值的 2 倍时 $\lambda = 1$, 否则为 0。

[0038]

$$\lambda = \begin{cases} 1, \text{mean}(\sum \text{neig}_8(Sal^t(x, y))) > 2 * \text{mean}(Sal^t) \\ 0, \text{其他} \end{cases} \quad (10)$$

[0039] 其中, $\text{mean}()$ 表示均值, $\sum \text{neig}_8()$ 表示 8 领域的和。

[0040] (c) 可见光前景检测结果和红外前景检测结果都表明该像素为非前景点。这里标记该像素点值为红外显著图对应位置点的三分之一。

$$[0041] \quad I_{f,s}(x, y) = \frac{Sal^t(x, y)}{3} \quad (11)$$

[0042] 经过以上步骤得到融合结果图 $I_{f,s}$ 后, 进行二值分割, 并作形态学处理, 得到最终目标检测结果。

[0043] 本发明的有益效果是: 该方法首先利用 ViBe 的背景提取方法提取可见光图像的前景图。得到前景图后, 将其转换到 LUV 空间进行阴影判断; 其次, 通过显著性检测的方法提取红外图像的显著图; 最后, 融合两者的检测结果, 提取最终的运动目标。本发明方法可以有效应对阴影及光照强度环境变化导致目标检测效果差的技术问题, 达到全天候检测的效果。

[0044] 下面结合具体实施方式对本发明作详细说明。

具体实施方式

[0045] 本发明基于可见光和红外检测结果融合的运动目标检测方法具体步骤如下:

[0046] 一、可见光图像前景检测。

[0047] (a) 模型初始化及像素分类。

[0048] 对于可见光第一帧图像, 从像素点 (x, y) 八领域中随机选取 N 个像素值, 初始化背景模型 $\{B^n, n = 1, 2, \dots, N\}$ 对应位置点。

[0049] 从第二帧图像开始进行像素点匹配。在时刻 t , 判断当前帧 I^t 在 (x, y) 处像素 $i(x, y)$ 与背景样本 B^n 的像素 $b(x, y)$ 匹配状态:

[0050]

$$\Gamma(n) = \begin{cases} 1, & \text{dis}(i(x, y), b(x, y)) < D_d \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

[0051] 其中, $\text{dis}()$ 表示当前像素与背景像素之间的欧式距离, $D_d = 20$ 表示距离阈值。

[0052] 当满足距离阈值 D_d 的次数小于 T_c 时 ($T_c = 2$), 标记该像素点为前景; 否则标记该像素点为背景。

[0053]

$$VF^t(i) = \begin{cases} 255, & \sum_{n=1}^N \Gamma(n) < T_c \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

[0054] VF^t 是一个二值图, 表示前景像素时, 值为 255; 表示背景像素时, 值为 0。

[0055] (b) 背景更新。

[0056] 设定背景更新概率为 ϕ , 当像素 $i(x, y)$ 被标记背景像素时, 有 $1/\phi$ 的概率更新其背景模型。假设该像素的某个背景模型 B^n 要更新, 首先用 $i(x, y)$ 更新背景模型 B^n 对应位置像素 $b(x, y)$; 然后在样本 B^n 对应位置的八邻域内随机选取一个像素位置使用 $i(x, y)$ 更新对应像素。

[0057] 二、可见光图像阴影检测。

[0058] 通常在 LUV 空间阴影区域中像素的亮度 L 会低于背景区域的亮度 L , 阴影区域与背景区域的色度相似, 但是差值的取值范围较大。像素 $i(x, y)$ 被判断为阴影点时, 要满足下述条件:

$$a. \theta_1 \leq 0^L \leq \theta_2, 0^L = i^L(x, y)/b^L(x, y) \quad (3)$$

[0060]

$$b. O^{UV} \leq \beta, \quad O^{UV} = \sqrt{(i^U(x, y) - b^U(x, y))^2 + (i^V(x, y) - b^V(x, y))^2} \quad (4)$$

[0061] 这里, 0^L 为亮度变化, 0^{UV} 为色度变化, $\theta_1, \theta_2, \beta$ 是判定阈值。

[0062] 当像素经阴影判定函数判断为阴影后, 分别对该像素的 $0^L, 0^{UV}$ 分量进行混合高斯建模, 进一步对阴影点进行验证, 以降低阴影的错检率。

[0063] 三、红外图像显著性检测。

[0064] 这里使用一个组合的 DoG (高斯差分) 滤波器来计算图像的高频和低频信息, 单个 DoG 滤波器表示如下:

$$\begin{aligned} DoG(x, y) &= \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{\sigma_1^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma_1^2}\right) - \frac{1}{\sigma_2^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma_2^2}\right) \right] \\ &= G(x, y, \sigma_1) - G(x, y, \sigma_2) \end{aligned} \quad (5)$$

[0066] DoG 滤波器的带宽由 $\rho = \sigma_1/\sigma_2$ 决定, σ_1, σ_2 表示高斯标准差 ($\sigma_1 > \sigma_2$)。 σ_1 决定着低频信息的选取, σ_2 决定着高频信息的选取。考虑 M 个 DoG 的组合滤波器:

$$[0067] \quad \sum_{m=0}^{M-1} (G(x, y, \rho^{m+1}\sigma_2) - G(x, y, \rho^m\sigma_2)) = G(x, y, \rho^M\sigma_2) - G(x, y, \sigma_2) \quad (6)$$

[0068] 其中, M 表示大于 0 的整数, 式 (6) 可简化成两个高斯函数的差。组合滤波器的带宽可以由 $K = \rho^M$ 决定。

[0069] 实际计算红外视频序列的显著性特征,可以采用 5×5 的高斯平滑窗口来舍去最高频信息。令 $M = \infty$,使得 K 值尽可能大,这时 $G(x, y, \rho^M \sigma_2)$ 就是对整个图像的平均。红外图像的显著性计算如下:

$$[0070] \quad Sal(x, y) = \|H_u - H_{w_{hc}}(x, y)\| \quad (7)$$

[0071] 计算显著性之前,将颜色空间转换到 CIELAB 空间。 H_u 为图像平均值, $H_{w_{hc}}(x, y)$ 是像素在高斯平滑后的颜色特征, $\|\cdot\|$ 为 L2 范式。

[0072] 提取红外显著图之后,进行二值分割得到显著前景图 SF^t 。

[0073] 四、融合红外和可见光检测结果。

[0074] 记融合结果图为 $I_{f,s}$,以可见光和红外两种检测结果标记像素点

[0075] 会产生三种可能的情况:

[0076] (a) 可见光前景检测结果和红外前景检测结果都表明该像素为前景点。即

$$[0077] \quad VF^t(x, y) = 255, SF^t(x, y) = 255, \quad (8)$$

[0078] 此时标记 $I_{f,s}(x, y) = 255$ 。

[0079] (b) 可见光前景检测结果表明该像素为前景点,红外前景检测表明该像素不是前景点或可见光前景检测结果表明该像素不是前景点,红外前景检测表明该像素是前景点。这里采用对可见光图和红外显著图对应位置点加权平均的方式标记该像素值。此时融合像素点值标记为

$$[0080] \quad I_{f,s}(x, y) = \frac{(1 + \lambda)VF^t(x, y)}{3} + \frac{(2 - \lambda)Sal^t(x, y)}{3} \quad (9)$$

[0081] 当显著图像素点 8 领域的平均值大于原图均值的 2 倍时 $\lambda = 1$, 否则为 0。

[0082]

$$\lambda = \begin{cases} 1, \text{mean}(\sum \text{neig}_8(Sal^t(x, y))) > 2 * \text{mean}(Sal^t) \\ 0, \text{其他} \end{cases} \quad (10)$$

[0083] 其中, $\text{mean}()$ 表示均值, $\sum \text{neig}_8()$ 表示 8 领域的和。

[0084] (c) 可见光前景检测结果和红外前景检测结果都表明该像素为非前景点。这里标记该像素点值为红外显著图对应位置点的三分之一。

$$[0085] \quad I_{f,s}(x, y) = \frac{Sal^t(x, y)}{3} \quad (11)$$

[0086] 经过以上步骤得到融合结果图 $I_{f,s}$ 后,进行二值分割,并作形态学处理,得到最终目标检测结果。