

移动目标的自动监视报警方法

马 奔, 史忠科, 张 宇

(西北工业大学 空中交通管理系统研究所, 陕西 西安 710072)

摘 要: 为了快速准确地从背景中检测出移动目标,并控制云台对目标进行自动跟踪,提出了一种移动目标的自动监视报警方法。该方法充分利用连续图像特性,采用改进的帧间减影法检测运动,并用差分图像的阈值化方法分割出动目标;进而采用光谱滤波等技术提高图像传感器的探测灵敏度,进一步提高了该方法的作用距离。仿真结果表明,该方法可以有效、准确地对移动目标进行检测和跟踪。

关键词: 移动目标检测; 阈值分割; 云台控制; 目标跟踪

中图分类号: TP751

文献标志码: A

Auto-monitoring method for moving object

MA Ben, SHI Zhong-ke, ZHANG Yu

(Institute of Air Traffic Management System, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, Shaanxi, China)

Abstract: In order to detect moving object from background, and control console to track target automatically, an automatic surveillance and warning method for moving object is developed. According to the characteristic of the serial images, the motion is detected and the objects is segmented from background. Through the spectrum filter technology, the detecting sensitivity of CCD (charge coupled device) sensors is improved. The simulation results indicate that this method can detect and track moving object effectively and accurately. 3 figs, 5 refs.

Key words: moving object detection; thresholding; console controlling; object tracking

0 引 言

随着光电、微电子、计算机和数字图像技术的发展,安全防范技术已由传统的模拟式走向高度集成化的小型化、数字化、智能化。图像信号具有精度高、误差小、抗干扰能力以及抗遮挡能力强的优点,特别是红外图像跟踪具有全天候/全天时的跟踪能力。因此,传统的安全防范系统已逐步转向以图像处理为核心的现代模式,并得到了越来越广泛的应用。

目前,图像安全防范系统大多停留在可视化水平,仍需大量的人工辅助操作,如手动控制摄像头和

云台动作,并且不能对感兴趣的目标实现自动识别、监视和预警,无法满足国家安全工作的复杂性和隐蔽性的需要。为此,本文提出了一种移动目标的自动监视方法,可以自动识别连续数字视频图像中的移动目标,并控制云台对目标进行自动跟踪和监视^[1]。

1 移动目标检测与分割算法

现代与传统的安全防范系统的主要区别:是否具有基于图像处理和机器视觉的自动或半自动的功能,如移动目标检测、目标跟踪等。对于现代图像安全防范系统而言,将移动目标检测和云台控制结合

起来,就可以构造新型目标图像跟踪系统。

1.1 目标检测

一般的视频图像是三维图像的二维投影,虽然不能完全反映真实的三维物体或场景,但是三维图像发生变化时其二维投影图像也会发生相应的改变。连续视频流的场景也具有连续性,图像若没有运动,连续帧图像之间变化很小;反之,若有运动,则会引起帧差。因此,用此法可以确定图像序列有无运动。

最简单的算法是直接计算帧差绝对值。对于检测图像区域 A ,运动检测的判决条件为

$$\sum_{(x,y) \in A} |S(x,y,t) - S(x,y,t - \Delta t)| > T$$

式中: $S(x,y,t)$ 为亮度图像序列在 t 时刻点 (x,y) 处的灰度值, t 是离散化的,时间间隔 Δt 可以为帧间隔的整数倍; T 为灰度阈值,灰度阈值的大小决定运动报警检测的灵敏程度。

这种方法简单、运算量小、检测速度宽,也比较容易实现。其最大的缺点是对天气光线等因素的变化敏感,容易产生误报。

为了克服光照变化引起的虚警报,修改报警判据,加入整体光照敏感的添加项。判据条件为

$$\sum_{(x,y) \in A} U[|S(x,y,t) - S(x,y,t - \Delta t)| - \frac{\lambda}{n} \sum_{(x,y) \in A} |S(x,y,t) - S(x,y,t - \Delta t)|] > N_T$$

式中: $\frac{\lambda}{n} \sum_{(x,y) \in A} |S(x,y,t) - S(x,y,t - \Delta t)|$ 为阈值项,它表示光线的整体变化; N_T 为固定阈值; λ 为调节系数; n 为检测区域内的像素数目。

$U(x)$ 函数定义如下

$$U(x) = \begin{cases} 1 & x > 0 \\ 0 & x \leq 0 \end{cases}$$

在光照变化不是很大时,阈值项中的 $\frac{\lambda}{n}$.

$\sum |S(x,y,t) - S(x,y,t - \Delta t)|$ 应该近似于光照变化的绝对值。由于整体变化比较均匀,差值分布就比较集中,因此超过阈值的点数不会超过 N_T ,这样就有效地抑止了光照变化带来的影响。如果有运动发生,则变化不均匀,差值分布比较分散,超过阈值的点就比较多,当点数超过 N_T 时就报警。

由于高帧频图像传感器光电转换灵敏度较低,使得高帧频电视系统的作用距离受到一定制约。要想进一步提高系统的作用距离,提高系统的探测灵

敏度是亟待解决的问题。本文主要采用以下 3 种方法研究解决此类问题。

(1) 采用光谱滤波技术。根据目标的光谱辐射特性,设计相应的滤光片,提高目标与背景的调制对比度。

(2) 在视频处理中实施低通滤波与对数变换相结合的方法。在抑制高频噪声的同时,对小信号进行提升,配合以波门邻域自适应电平提取技术,提高视频探测能力。

(3) 采用相关双取样技术抑制高频取样噪声,提高图像传感器输出信噪比。

1.2 阈值分割

如果在两幅相邻图像间检测到运动,那么就将两幅图像相减得到差分图像,选择合适的阈值,进行处理得到二值化图像,然后分割出目标区域。

常见的帧减影技术即是对图像进行相减计算,设有图像 $f(x,y)$ 和 $h(x,y)$,它们的差为 $g(x,y) = f(x,y) - h(x,y)$,图像相减的结果可以很好地显示两图的差异。

阈值分割是利用阈值,将像素依据灰度直方图分成若干个类,认为图像中灰度值在同一灰度类内的像素属于同一物体。在许多成熟的阈值分割方法中以 Otsu 方法^[2]和 Kapur 方法^[3-5]最著名,应用也最广泛。

设图像是一个二维灰度密度函数,其灰度级范

围为 $[L_1, L_2]$, 像素总数为 $N = \sum_{i=L_1}^{L_2} h(i)$, 其中 $h(i)$ ($L_1 \leq i \leq L_2$) 为对应灰度值的像素数,则第 i 个灰度级的像素概率分布为

$$P_i = h(i)/N$$

Otsu 方法简单描述:将图像灰度阈值 T 分成两类 C_0 与 C_1 。

其中, $C_0 : P_{L_1}/\bar{\omega}_0, \dots, P_{T-1}/\bar{\omega}_0$, 灰度级范围 $[L_1, T-1]$, $C_1 : P_T/\bar{\omega}_1, \dots, P_{L_2}/\bar{\omega}_1$, 灰度级范围为 $[T, L_2]$; 而 $\bar{\omega}_0 = \sum_{i=L_1}^{T-1} P_i$, $\bar{\omega}_1 = \sum_{i=T}^{L_2} P_i$, $\bar{\omega}_0$ 为灰度值在 $[L_1, T-1]$ 内的所有像素概率之和; $\bar{\omega}_1$ 为灰度值在 $[T, L_2]$ 内的所有像素概率之和。则 Otsu 定义阈值化图像类间方差为

$$\sigma_B^2 = \bar{\omega}_0 (\mu_0 - \mu_T)^2 + \bar{\omega}_1 (\mu_1 - \mu_T)^2$$

式中: $\mu_0 = \sum_{i=L_1}^{T-1} \frac{P_i}{\omega_0} i$; $\mu_1 = \sum_{i=T}^{L_2} \frac{P_i}{\omega_1} i$; $\mu_T = \bar{\omega}_0 \mu_0 + \bar{\omega}_1 \mu_1$; $\bar{\omega}_0 + \bar{\omega}_1 = 1$ 。

对于要进行二值化的图像来讲,Otsu 方法已经证明了当类间方差函数取极大值时,得到的值 T 是图像的最佳阈值 T^* 。

Kapur 方法的本质是分割后灰度直方图的测度最大,以使每个分割的区域有更为集中的概率分布。具体的方法如下:

设将图像分割为两个区域时的阈值为 T ,则两个区域包含的像素个数分别为 $\omega_0 = \sum_{i=L_1}^{T-1} h(i), \omega_1 =$

$\sum_{i=T}^{L_2} h(i)$,则此时图像的测度 S 为

$$S = - \sum_{i=0}^{T-1} \frac{P_i}{\omega_0} \ln \frac{P_i}{\omega_0} - \sum_{i=T}^{L-1} \frac{P_i}{\omega_1} \ln \frac{P_i}{\omega_1}$$

极大化上式,即可以求得阈值。
具体采用哪种方法,可以根据环境条件和任务性质决定。本文的算法中采用了 Kapur 方法。

简化的流程如图 1 所示。

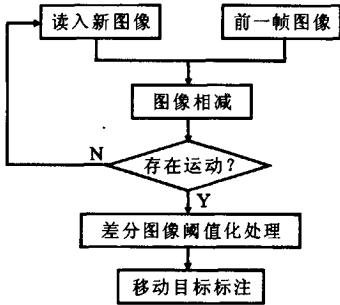


图 1 移动目标检测和分割流程

2 云台控制算法

目标图像分割完成后,就可以计算目标图像的中心点。利用 Laplacian 算子使图像轮廓线变得更为突出,在此基础上,根据图像边界所围成的封闭区域,计算图形中心,并以此作为目标图像中心点的位置。设某图像边界所围成的封闭区域如图 2 所示,各点的 x 坐标为 $x_i \in [x_{\min}, x_{\max}]$, x_i 为封闭区域任意点处的 x 坐标。 $y_{\min}(x_i)$ 和 $y_{\max}(x_i)$ 为直线 $x = x_i$ 与图像边界交点处的 y 坐标。

当 $x = x_i$ 与图像边界仅有 2 个交点时,图像中心 $M(x_0, y_0)$ 为

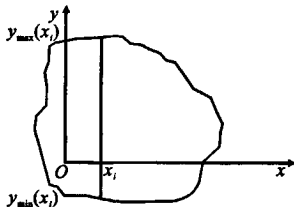


图 2 任意图像边界围成的封闭区域

$$x_0 = \frac{\sum_{x=x_{\min}}^{x_{\max}} x_i [y_{\max}(x_i) - y_{\min}(x_i) + 1]}{\sum_{x=x_{\min}}^{x_{\max}} [y_{\max}(x_i) - y_{\min}(x_i) + 1]}$$
$$y_0 = \frac{y_{\max}(x_0) - y_{\min}(x_0)}{2}$$

当 $x = x_i$ 与图像边界有 $2n$ 个交点时,图像中心 $M(x_0, y_0)$ 为

$$x_0 = \frac{\sum_{x=x_{\min}}^{x_{\max}} x_i \{ \sum_{j=1}^n [y_{j\max}(x_i) - y_{j\min}(x_i) + 1] \}}{\sum_{x=x_{\min}}^{x_{\max}} \{ \sum_{j=1}^n [y_{j\max}(x_i) - y_{j\min}(x_i) + 1] \}}$$
$$y_0 = \frac{1}{2^n} \sum_{j=1}^n [y_{j\max}(x_0) + y_{j\min}(x_0)]$$

设 (x_0, y_0) 为目标图像中心的坐标; x_m, y_m 为 x, y 坐标的极值; θ 为 CCD 视场角的一半; r 为云台与目标的斜距; $(x_0, y_0), x_m, y_m, \theta, r$ 均视为已知量; α 为云台方位角; β 为云台高低角。

云台控制的目的是通过调整 α, β 的角度值,使与云台一起联动的光学探测器所得到目标的图像中心始终保持在屏幕中心附近。

云台控制算法推导如下

$$x_m = r \tan \theta, y_m = k r \tan \theta$$

x_m, y_m 取值大小与显示器分辨率有关,例如,当显示器分辨率为 768×576 时, x_m 对应于 $768/2$, y_m 对应于 $576/2, k$ 为比例因子。

$$x_0 = r \tan \alpha, y_0 = k r \tan \beta$$

所以, $\frac{x_0}{x_m} = \frac{\tan \alpha}{\tan \theta}, \frac{y_0}{y_m} = \frac{\tan \beta}{\tan \theta}$

$$\alpha = \arctan(x_0 \tan \theta / x_m)$$

$$\beta = \arctan(y_0 \tan \theta / y_m)$$

上式便是云台控制算法。

3 仿真结果

3.1 移动目标检测与分割

图 3(a)为目标原图,经过与目标出现前的原图相减和二值化后得到图 3(b),图 3(c)中的白线是提取出的目标轮廓。仿真结果显示,利用本文的移动



图 3 目标轮廓提取过程

目标检测和分割方法可以快速、准确地检测和提取出移动目标的轮廓。

3.2 云台控制计算

本文的目标图像跟踪物理系统中,显示器设置为 768×576 ,跟踪目标的线速度为 v_x ,则

$$v_x = \frac{384M}{Kt_c}, \theta = \frac{384 \times 57.3M}{rK}$$

式中: M 为目标实际长度, K 为目标图像长度方向所占像素; t_c 为图像采集、处理速度。

$$\text{设 } M=5 \text{ m}, t_c = \frac{1}{15} \text{ s}.$$

(1) 当 $K=216$ 时

$$v_x = \frac{384}{216} \times 5 \times \left(\frac{1}{15}\right)^{-1} = 133 \text{ m/s}$$

$$\theta = \frac{384}{r} \times \frac{5}{216} \times 57.3 = \frac{509}{r}$$

当目标的斜距为 $10^2 \sim 10^3 \text{ m}$ 时, $\theta = 5.09^\circ \sim 0.509^\circ$ 。

(2) 当 $K=100$ 时

$$v_x = \frac{384}{100} \times 5 \times \left(\frac{1}{15}\right)^{-1} = 288 \text{ m/s}$$

$$\theta = \frac{384}{r} \times \frac{5}{100} \times 57.3 = \frac{1100.16}{r}$$

当目标的斜距为 $10^2 \sim 10^3 \text{ m}$ 时, $\theta = 11^\circ \sim 1.1^\circ$ 。

4 结 语

(1) 为了快速准确地从背景中检测出移动目标,并克服光照变化引起的虚警报,在帧差法的运动检测判断中引入整体光照敏感项,给出了改进的帧间减法。

(2) 分析了阈值分割的 Otsu 方法和 Kapur 方法,并结合实际环境条件和任务性质,选用了 Kapur

方法,分割出目标区域。

(3) 利用 Laplacian 算子提取出图像轮廓,根据图像边界所围成的封闭区域,计算图形中心,并以此作为目标图像中心点的位置,对云台控制算法进行了理论推导。

(4) 通过仿真验证,表明该方法可以准确地对视野内的单移动目标进行自动识别和跟踪。

参考文献:

References:

- [1] Rhee S H, Han S, Kim P K, et al. Vehicle tracking using image processing techniques [M]. Berlin: Springer Verlag, 2004.
- [2] Traver V J, Pla F. Similarity motion estimation and active tracking through spatial-domain projections on log-polar images[J]. Computer Vision and Image Understanding, 2005, 97(2): 209-241.
- [3] Ferguson R D, Hammer D X, Elsner A E. Wide-field retinal hemodynamic imaging with the tracking scanning laser ophthalmoscope[J]. Optics Express, 2004, 12(21): 5 198-5 208.
- [4] 左 奇,史忠科. 一种新的交通流视频检测方法[J]. 西安交通大学学报:自然科学版,2004,38(4):396-399. ZUO Qi, SHI Zhong-ke. New video detection method for traffic flow[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University: Natural Science Edition, 2004, 38(4): 396-399.
- [5] 袁基伟,史忠科. 一种快速运动目标的背景提取算法[J]. 计算机应用研究,2004,154(8):128-129. YUAN Ji-wei, SHI Zhong-ke. An algorithm of automatic background extraction of target based on fast motion [J]. Computer Application and Research, 2004, 154(8): 128-129.

内蒙古 2007 年计划完成公路建设投资 260 亿元

内蒙古全区各级公路建设部门计划完成公路建设投资 260 亿元,公路建设总里程 $1.6 \times 10^4 \text{ km}$,新增公路里程 3 000 km。

2007 年,内蒙古重点公路建设项目 28 项,建设里程 2 500 km,计划完成投资 120 亿元;农村公路建设项目 505 项,计划完成投资 31 亿元;参照 BOT 方式建设项目 24 项,建设里程 1 800 km,计划完成投资 56 亿元;国防、口岸、公路运输市场、治超站点等计划完成投资 22 亿元。

在 2007 年全区公路建设总里程的 $1.6 \times 10^4 \text{ km}$ 中,高速公路占 1 100 km,一级公路占 900 km,二级公路占 4 000 km,三级公路占 5 000 km,四级公路占 5 000 km。在新增公路里程 3 000 km 中,高速公路占 512 km,一级公路占 368 km,二级公路占 1 717 km。到 2007 年底,全区公路总里程达到 $13.2 \times 10^4 \text{ km}$,高速公路达到 1 700 km,一级公路达到 2 800 km,二级公路达到 1 万 km。全年计划新增通沥青路的乡镇 60 个,达到 1 011 个,占乡镇总数的 81.9%;新增通公路的村 300 个,达到 11 795 个,占村总数的 96.2%;新增通沥青路的村 98 个,达到 3 381 个,占村总数的 27.6%。