文章编号:1001-5078(2010)07-0775-04 ·图像与信号处理·

基于过渡区提取的红外运动目标检测

许文武,段先华
(江苏科技大学计算机科学与工程学院,江苏 镇江 212003)

摘 要:针对复杂动态场景下的红外目标检测问题,提出了一种基于交叉熵的过渡区提取的红外运动目标检测方法。该方法首先使用帧差法和背景差分法相融合的检测方法,对红外图像进行差分处理,然后采用基于交叉熵的过渡区分割算法二值化图像,最后进行形态学滤波,从而检测出完整的红外目标。实验结果表明,该方法目标检测效果比较好,能满足红外运动目标检测的需要。

关键词:红外目标检测;交叉熵;过渡区
中图分类号:TP391 **文献标识码**:A

Infrared moving target detection based on transition region extraction

XU Wen-wu,DUAN Xian-hua
(School of Computer Science and Engineering,Jiangsu University of Science and Technology,Zhenjiang 212003,China)

Abstract:Regarding the infrared target detection under the complex dynamic scene,a method is proposed for infrared moving target detection based on cross-entropy transition region extraction. Firstly,infrared image is processed with method of frame difference and background difference. Then binary image is obtained by segmentation algorithm based on cross-entropy transition region extraction. Finally,the complete infrared target is detected by the morphology filter. The experimental result indicates that this method is quite fit for infrared target detection and satisfies infrared moving target detection.

Key words:infrared target detection;cross-entropy;transition region extraction

1 引 言

复杂红外场景中运动目标的检测问题成了红外成像系统中一个亟待解决的关键问题,探索和研究新的运动目标检测理论和算法以及如何将现有的检测理论用于红外目标情况依然是十分重要的课题,具有深远的意义。

一般红外目标成像面积小、对比度较低、边缘模糊、无纹理特征、尺寸及形状变化不定,可检测信号相对较弱[1],特别是在非平稳的复杂起伏背景干扰下,地面背景中的树木、草丛、道路、海面背景中的海浪、云层等,与目标交叠在一起,无法直接从灰度、尺寸和形状上区别于目标,成像的信噪比较低[2],使得目标检测工作变得很困难。

本文在使用基于差分融合的目标检测方法的基础上,提出了一种基于交叉熵的过渡区分割算法,分割出的红外目标准确、完整,最后采用形态学滤波去除噪声点、孤立点等。实验结果表明,即使是弱小红外目标,该方法亦能准确地检测出来,取得了理想的检测效果。

2 差分融合的目标检测方法

常用的运动目标检测主要有三种方法:帧差法(包括相邻帧图像差分法和对称差分法)、背景差分法与光流法[3]。使用单一方法检测效果都不够理

作者简介:许文武(1985 -),男,硕士研究生,研究方向为图像处理与信息融合。E-mail:xuwenwu206@163.com
收稿日期:2010-01-06;**修订日期**:2010-04-12

想,因此,本文采用将对称帧差分法与背景差分法融合的方法检测目标。该方法首先采用对称差分法进行差分处理,区分出变化的区域(目标点)和没有发生变化的区域(背景点),然后将没有发生变化的区域更新到背景帧中,发生变化的区域与背景模型进行拟合,最后再对当前帧作背景差分处理,具体流程如图 1 所示。

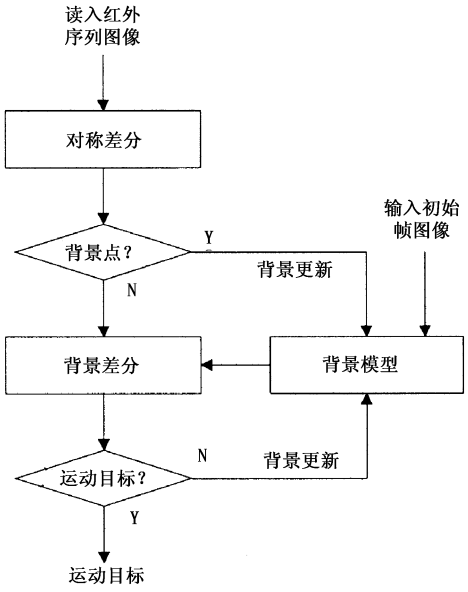


图 1 基于差分融合的目标检测算法流程

Fig. 1 process of object detection algorithm based on difference fusion

在运动目标检测过程中,将分割出来的运动变化区域 $M(i,j)$ 中的像素点灰度值和高斯模型拟合,通过像素点的灰度值 $f_k(i,j)$ 来度量这点的特性。若 $p(f_k(i,j)) \leqslant T_p$($T_p$ 为概率阈值),则判断该像素为背景区,否则为运动目标。在实际的应用中,用等价的阈值代替概率阈值,记 $d_k(i,j) = |f_k(i,j) - \mu(i,j)|$,则可设置相应的前景检测阈值为 $\sigma(i,j)$。检测规则[4]如下:若 $d_k(i,j) \leqslant \sigma(i,j)$,则该像素属于背景区,记为 $B_2(x,y)$。否则为运动目标,记为 $M_0(i,j)$。

对于背景区域 $B(i,j)$ 中的像素点,用下述的规则来进行背景更新:

$$u_{k+1}(i,j) = (1-\alpha_1)\mu_k(i,j) + \alpha_1 f_{k+1}(i,j) \quad (1)$$

$$\sigma^2_{k+1}(i,j) = (1-\alpha_1)\sigma^2_k(i,j) + \alpha_1 (d_k(i,j))^2 \quad (2)$$

将区域 $B_2(i,j)$ 中的像素点用以下的规则进行更新:

$$u_{k+1}(i,j) = (1-\alpha_2)\mu_k(i,j) + \alpha_2 f_{k+1}(i,j) \quad (3)$$

$$\sigma^2_{k+1}(i,j) = (1-\alpha_2)\sigma^2_k(i,j) + \alpha_2 (d_k(i,j))^2 \quad (4)$$

其中,α_1,α_2 为更新率;$f_{k+1}(i,j)$ 表示新帧中的像素点灰度值。通过公式(1)~式(4)更新前景检测阈值,从而进行背景更新。这里 α_1,α_2 的取值是不同的,考虑到 $B_2(x,y)$ 中的点是前帧中被运动目标覆盖的区域,在当前帧中被重新显露出来,所以 α_2 的值取得较大,在 0.6 以上。实验表明,这种处理策略使得在建模时即使有运动的目标存在,也会随着运动目标的移动而迅速得到背景模型[4]。

3 基于交叉熵的过渡区分割算法

现有的典型图像分割方法,如基于交叉熵和模糊熵的分割算法[5]、基于加权模糊 C 均值聚类的算法[6]与基于过渡区提取的分割算法[7],都是当今图像分割的研究热点。其中过渡区的确定是一种自适应分割方法,且对图像目标的形状和尺寸没有任何条件,是一种典型的通用算法。过渡区是图像中介于目标与背景之间的部分像素构成的区域,这部分像素的空间位置位于目标与背景之间,灰度分布也位于目标灰度均值与背景灰度均值之间。

根据提取方式来分类,过渡区提取算法可以分为间接提取与直接提取两类。间接提取方法即基于有效平均梯度(EAG)[7]的相关算法,此类算法需要首先得到灰度剪切值 L_{low} 和 L_{high},且易受噪声的影响,往往导致出现 $L_{low} > L_{high}$ 的情况。过渡区直接提取方法不需要得到 L_{low} 和 L_{high},而是找到一个特征值作为特定阈值,大于该阈值的像素构成过渡区。本文提出的基于交叉熵的过渡区提取方法就是一种直接提取方法,用一交叉熵值作为特定阈值。

3.1 交叉熵

由信息论可知,图像信号 X 的每个取样(像素)量化分为 K 层(如 256 层),用 x_k 表示第 k 层取值,则量化后图像信号 X 的熵为:

$$D(p) = -\sum_{k=1}^{K} p(x_k)\ln p(x_k) \quad (5)$$

其中,K 为图像所具有的灰度等级;$p(x_k)$ 为第 k 个灰度等级出现的概率。

交叉熵定义为两种不同分布之间的量度,对于离散的概率分布 p 和 q,则定义式(6)为 p 对 q 的交叉熵:

$$D(p,q) = -\sum_{k=1}^{K} p(x_k)\ln q(x_k) \quad (6)$$

本小节只考虑灰度图像的过渡区提取,p 可直接以直方图 $h(g)$ 表征,则二值化时,定义 q 和 p 的交叉熵是目标(o)像素间的交叉熵和背景(b)像素间的交叉熵之和[5],即:

$$D(p,q;t)=\frac{1}{p_0}\sum_{g=0}^{t}h(g)\ln h(g)+\frac{1}{p_b}\sum_{g=t+1}^{L}h(g)\ln h(g)-\frac{1}{t+1}\sum_{g=0}^{t}\ln h(g)-\frac{1}{L-t-1}\sum_{g=t+1}^{L}\ln h(g) \quad (7)$$

其中，$P_0=\sum_{g=0}^{t}h(g)$；$P_b=\sum_{g=t+1}^{L}h(g)$；L 是灰度上限；t 是特征阈值。

由式(6)和式(7)可知交叉熵具有以下特点：

(1)当 $p=q$ 时，交叉熵取最小值即为 p 的熵 $D(p)$，即有 $D(p,q)\geqslant D(p)$，也就是说，当 p 与 q 同分布时交叉熵取最小值。

(2)由于图像过渡区具有灰度级变化剧烈、分布相对分散，且灰度层次多，而目标(或背景)区域灰度级的分布比较集中，故与目标(或背景)相比过渡区图像的交叉熵较大，也正是根据这一差异，可将过渡区从图像中提取出来。

(3)孤立的噪声点尽管会引起梯度的局部突变，但对交叉熵的影响却较小(交叉熵记录的是灰度级别的不同，与灰度幅值无关)，因此交叉熵本身具有一定的抗噪性。

3.2 基于交叉熵的过渡区提取与分割

根据上述交叉熵的特点，基于交叉熵的过渡区提取算法步骤概括如下：

(a)设定交叉熵门限值 T；

(b)由式(7)计算交叉熵，得到一交叉熵阈值 E_T；

(c)根据上步得到的阈值 E_T，作为门限值提取过渡区；

(d)得到过渡区以后，就可以根据过渡区像素的灰度均值或其灰度直方图峰值对应的灰度值得到最终分割门限。

(e)根据分割阈值分割图像。

其中，第二步中熵阈值由式(8)确定：

$$E_T=\phi\times D(p,q;t)_{\max} \quad (8)$$

式中，$D(p,q;t)_{\max}$ 为交叉熵小于门限值 T 的最大值；ϕ 为 0～1 之间的权重系数，为了既保证提取出的过渡区具有一定的像素数，同时又不至于使过渡区像素过多，一般取 $0.5<\phi<1$。

3.3 图像后处理

在得到的二值分割图像中，由于目标与背景图像之间有小部分颜色和灰度相似或受噪音干扰，图像中往往会含有许多孤立点、孤立小区域、小间隙和孔洞。为了完整地提取运动目标，需要将孤立点、小区域去除，将小间隙连接，将小孔洞填充。为了便于下一步的跟踪工作，采取数学形态学中的腐蚀与膨胀[8]操作。

腐蚀在数学形态学运算中的作用是消除目标的边界点。如果结构元素选取 3×3 的模板，腐蚀将使得目标的边界沿着周边减少一个像素，优点是可以将小于结构元素的目标去除，如果结构元素足够大的话，通过腐蚀运算可以将两个目标分开。而膨胀运算在数学形态学中的作用是把图像周围的背景点合并到目标中，对填充图像分割中的空洞很有用。

一般情况下，都是腐蚀和膨胀运算结合起来一起运用，先腐蚀图像再膨胀图像的方法在数学形态学中被称为开运算，先膨胀后腐蚀的方法被称为闭运算。

4 实验与分析

针对动态场景下的运动目标进行检测实验，选取红外飞机序列图像(plane)作为实验对象，共有 110 帧，每帧图像大小 256×200(pixels)，飞机由点目标到面目标状态，其中第 1 帧到第 30 帧背景变化缓慢，此阶段可以作为静态背景下的运动目标研究，且红外飞机成点目标状态；第 31 帧到第 70 帧阶段的背景图像变化亦不大，且飞机成面目标状态，第 71 帧与第 110 帧飞机进入一新背景，亦成面目标状态。

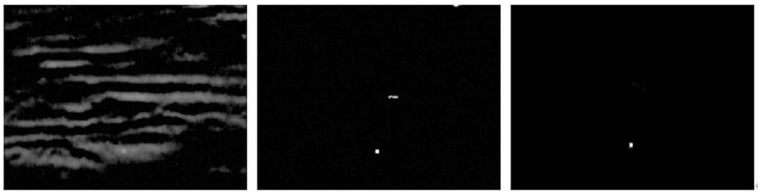
与静态场景下的运动目标检测过程不同的是，动态场景下的目标检测需要增加模型更新阶段，即实验过程包括：图像读入与预处理、差分二值化、图像形态学滤波、运动目标提取和背景更新。为说明该实验方案的有效性，分别选取上述三个阶段中的一帧图像，实验图像与结果如图 2～5 所示。



(a)第 3 帧图像 (b)第 32 帧图像 (c)第 100 帧图像

图 2 不同背景下的三帧红外图像

Fig. 2 three infrared images under different background



(a)第 3 帧差分图像 (b)差分图像二值化 (c)检测到的飞机点目标

图 3 第 3 帧运动目标检测过程

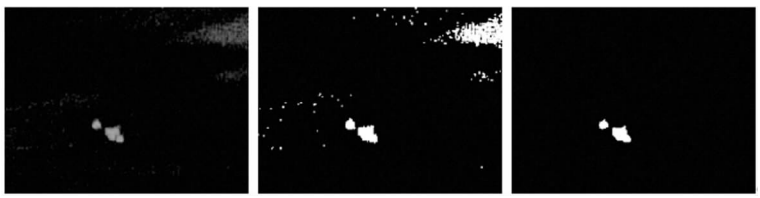
Fig. 3 moving object detection process of frame 3



(a)第 32 帧差分图像 (b)差分图像二值化 (c)检测到的飞机目标

图 4 第 32 帧运动目标检测过程

Fig. 4 moving object detection process of frame 32



(a)第 100 帧差分图像 (b)差分图像二值化 (c)检测到的飞机目标

图 5 第 100 帧目标检测过程

Fig. 5 moving object detection process of frame 100

其中,第 3,32,100 帧差分图像均是各帧图像与第 1,31,99 帧图像差分得到。

实验结果表明,基于差分融合的算法能准确地检测到目标的运动区域,在对差分图像进行二值化分割时,采用本文提出的基于交叉熵的过渡区分割算法,能完整地分割出目标,分割效果比较理想,最后经过形态学滤波,去除了噪声点,从而检测到运动目标。试验在计算机 CPU Intel Pentium4 2.4 GHz 和内存 1 GB 的环境下进行检测,整过目标检测过程所需时间仅为 0.97 s。所以,本文设计的检测方法目标检测准确率高,检测到的目标完整、稳定,且能满足红外运动目标检测的需要。

5 结 论

红外成像技术因具有独特的性能而在国防领域得到广泛的应用。在红外序列图像中,由于背景杂波的干扰以及小目标缺少空间结构信息等原因,红外目标的检测工作变得很困难。针对此问题,本文提出了一种红外序列图像目标的检测方法,分为三个步骤:①采用帧差分法与背景差分法相融合的方法,对红外图像进行差分处理,得到差分图像;②采用本文提出的基于交叉熵的过渡区分割算法,对差分图像进行阈值分割;③对二值分割图像进行形态学滤波处理。经实验验证上述方法具有较好的针对性,取得良好的效果,但缺点是基于交叉熵的过渡区分割算法中对交叉熵阈值 E_T 要求较高,值的大小对图像分割的效果影响较大,所以该算法还不具有通用性,有待于进一步提高。

参考文献:

[1] 夏明革,何友,欧阳文. 一种基于红外图像的小目标跟踪置前检测算法[J]. 电光与控制,2003,10(3):7 – 10.

[2] 王广平,高昆,倪国强. 红外弱小目标检测跟踪并行处理系统[J]. 光电工程,2008,35(6):5 – 9.

[3] 周西汉,刘勃,周荷琴. 一种基于对称差分和背景消减的运动检测方法[J]. 计算机仿真,2005,22(4):117 – 119.

[4] 朱明旱,罗大庸,曹倩霞. 帧间差分与背景差分相融合的运动目标检测算法[J]. 计算机测量与控制,2005,13(3):215 – 217.

[5] 薛景浩,章毓晋,林行刚. 图像分割中的交叉熵和模糊散度算法[J]. 电子学报,1999,10(10):131 – 134.

[6] 沙秀艳,何友. 基于加权模糊 C 均值聚类的图像分割算法[J]. 海军航空工程学院学报,2007,22(3):333 – 336.

[7] 章毓晋. 过渡区和图像分割[J]. 电子学报,1996,24(1):12 – 17.

[8] 惠建江,刘朝晖,刘文. 数学形态学在红外多弱小目标提取中的应用[J]. 光子学报,2006,35(4):626 – 629.