

· 红外技术 ·

基于红外视频流的机动目标识别技术研究

张文廷, 姜月秋, 高宏伟

(沈阳理工大学, 沈阳 110159)

摘要: 围绕红外视频流机动目标识别中存在的图像噪声大、对比度低的问题, 首先通过改进中值滤波算法对图像进行预处理, 在此基础上, 提出通过自适应改变描述背景像素高斯分布个数的方法来提高建模效率的策略, 并将帧差法和背景差分法结合起来用于提取机动目标。当检测到多个机动目标时, 提出一种计算连通域坐标的方法以完成目标的定位, 并运用 Haar_like 矩形来完成对目标的特征提取。最后通过支持向量机完成机动目标的识别。大量的实验结果表明, 提出的算法能够高效的实现红外视频中行人和车辆的实时识别。

关键词: 背景建模; 目标定位; 特征提取; 目标识别

中图分类号: TN219

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2016)-02-0022-05

Research on Maneuvering Target Recognition Technology Based on Infrared Video

ZHANG Wen-ting, JIANG Yue-qiu, GAO Hong-wei

(Shenyang University of Science and Technology, Shenyang 110159, China)

Abstract: For the problem of infrared video in maneuvering target recognition such as high noise and low contrast, an improvement approach based on Median filter algorithm is put forward to image preprocessing. On this basis, a method using the description of adaptive change background pixel number of Gauss distribution is presented to reduce background modeling time, and a new algorithm which combines the background difference method with the frame difference method is used to extract the maneuvering targets. When multiple maneuvering targets are detected, an algorithm based on the coordinates of the center of gravity connected domain mark is applied to locate the target area. Then Haar_like rectangular feature is selected to extract target features. Finally, maneuvering target recognition is achieved through supported vector machine (SVM). Experimental results show that the proposed algorithm can efficiently identify people and vehicles in the infrared video in real time.

Key words: background modeling; object location; feature extracting; target identification

智能交通系统对减少交通事故发生率起着重要的作用, 将红外热成像技术引入到智能交通系统中可以实现智能交通系统的全天候工作, 基于红外视频流的机动目标识别是当前研究热点之一。传统方法中对红外视频流中目标识别主要是针对行人进行识别, 利用行人轮廓比例和红外图像中行人的热辐射比周围背景的热辐射高很多的特点对运

动的行人进行目标识别^[1], 对于车辆等和周围背景热辐射相差无几的机动目标进行检测时, 传统方法就存在一定的局限性。由于可见光图像中的机动目标识别技术能够同时实现对行人和车辆的识别, 文中针对红外图像相对于可见光图像具有信噪比差、对比度低的特点^[2], 将可见光图像目标识别中的算法做适当的改进, 实现了对红外视频中的行人和

收稿日期: 2016-03-25

基金项目: 辽宁“百万人才工程”培养经费资助(2013921032)

作者简介: 张文廷(1990-), 男, 山东济宁人, 硕士研究生, 主要研究方向为数字图像处理技术、模式识别; 姜月秋(1975-), 女, 博士, 教授, 主要研究方向为卫星通信和网络管理技术、信息栅格技术、故障检测技术等; 高宏伟(1978-), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为光电检测技术和测控技术。

车辆的实时地识别。文中首先改进传统的中值滤波法来完成对红外视频中的每一帧的预处理。在目标检测阶段,提出通过自适应改变描述背景像素的高斯分布个数的方法以提高背景建模的效率,并提出将帧差法与背景差分法相结合来提取目标的策略。当检测到多个机动目标时,提出了一种计算连通域重心坐标的算法来完成对多目标的定位。之后运用 Haar_like 矩形特征对目标进行特征提取。最后通过训练 SVM 分类器完成机动目标的检测识别。大量实验结果表明,文中提出的算法能够高效的实现对红外视频中的行人和车辆实时地识别。

1 预处理

文中对传统的中值滤波法进行改进,来完成对红外视频流中每一帧进行降噪处理。传统的中值滤波本质是一种基于统计排序的滤波器。对于图像中某像素点 (i,j) ,它以该点中心邻域内所有像素的灰度值的统计排序的中值作为该像素点的响应^[3]。中值滤波用公式描述:对序列为 $\{f_{i_1}, f_{i_2}, f_{i_3}, \dots, f_{i_n}\}$, 排序后: $f_{i_1} \geq f_{i_2} \geq f_{i_3} \geq \dots \geq f_{i_n}$, 则对像素点 (i,j) 做中值滤波,响应为

$$g(i,j) = \begin{cases} f_{i(\frac{n+1}{2})} & n \text{ 为奇数} \\ \frac{1}{2} [f_{i(\frac{n}{2})} + f_{i(\frac{n}{2}+1)}] & n \text{ 为偶数} \end{cases} \quad (1)$$

可见,传统的中值滤波法没有顾及像素被噪声污染的问题,对图像中所有像素进行中值滤波处理。位于物体边缘的像素进行中值滤波以后,物体边缘就会变得模糊,进而会影响后续目标检测、识别的精度。文中对传统中值滤波算法进行改进,先判断像素是否为物体的边缘点,若不是边缘点,则对其进行中值滤波处理;否则,不予处理。具体步骤为:(1)首先判断像素点是否为边缘点。判断方法为以该像素点为中心 3×3 的像素区域,选取像素点的上下左右为邻近像素,设邻近灰度值与中心灰度值的差为 d ,阈值为 T , s 为邻近像素与中心像素相似的个数, d 小于 T 时, s 加 1。当 $a < s < b$ 时,可以确定该像素为边缘点。(2)若该点为边缘点则不进行处理,若不是边缘点则对该点进行传统中值滤波处理。图 1 为利用该算法选取的 8 种代表性边缘。

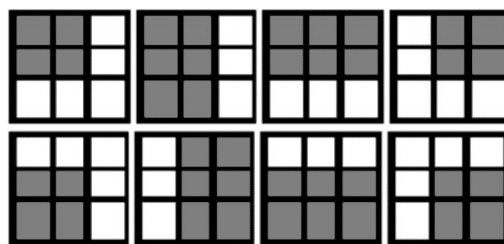


图1 3×3 区域代表性边缘

2 机动目标检测与定位

2.1 目标检测

背景差分法是采用红外视频流当前帧和背景参考模型作差来提取运动目标区域的一种目标检测方法。其检测原理可以用下面的公式描述

$$F_k(x,y) = \begin{cases} 0 & |I_k(x,y) - B(x,y)| < T \\ 1 & |I_k(x,y) - B(x,y)| \geq T \end{cases} \quad (2)$$

式中, $I_k(x,y)$ 为当前帧; $B_k(x,y)$ 为背景图像; $F_k(x,y)$ 为二值化后目标区域; T 为分割阈值^[4]。当背景图像能够准确的反映出场景实际情况时,就能检测到机动目标。传统的混合高斯模型法是一种比较经典的背景建模法,它根据每个像素点的颜色分布来建立高斯分布模型。传统的混合高斯背景模型参数更新时,方差与均值的更新率一样,没有考虑各自特点及对模型的影响,这样可能就会导致目标检测出现问题^[5]。鉴于此,在传统的混合高斯模型法的基础上进行了改进,提出当背景模型更新时自适应改变描述像素的高斯分布的个数,以此提高目标检测的准确率。具体步骤如下:

步骤 1: 混合高斯背景模型参数的初始化:将用来描述各像素值变化的高斯分布个数设置最多为 K_{\max} , 初始时 K 设置为 1, 均值取第一帧像素值, 方差取一个较大的值, 权重取 1。

步骤 2: 创建一个新的高斯分布:将待处理像素 X_t 按优先顺序依次与已有的 K 个高斯分布进行匹配计算, 当不存在能与之匹配的高斯分布时, 若 $K < K_{\max}$, 则新增加一个高斯分布, 并设其均值、标准差与权重分别为 X_t 、 σ_{init} 、 ω_{init} ; 若 $K = K_{\max}$, 则按传统混合高斯模型算法, 并将优先级最低的高斯分布用一个新的高斯分布来替代, 并令其均值为该像素值 X_t , σ_{init} 、 ω_{init} 分别为其标准差和权重。

步骤 3: 删除冗余的高斯分布:更新完模型参数

之后,删除满足式(3)的高斯分布。

$$\frac{\omega_{i,t}}{\sigma_{i,t}} < \frac{\omega_{\text{init}}}{\sigma_{\text{init}}} \text{ 且 } \omega_{i,t} < \omega_{\text{init}} \quad (3)$$

步骤4: 合并均值相近范围重叠的高斯分布:若存在两个分布 i, j 的均值满足 $|\mu_{i,t} - \mu_{j,t}| < T_\mu$, 其中 T_μ 预设阈值, 则将这两个分布 i, j 按式(4)合并成一个高斯分布。

$$\begin{cases} \omega_{k,t} = \omega_{i,t} + \omega_{j,t} \\ \mu_{k,t} = \frac{\omega_{i,t} \times \mu_{i,t} + \omega_{j,t} \times \mu_{j,t}}{\omega_{i,t} + \omega_{j,t}} \\ \sigma_{k,t} = \frac{\omega_{i,t} \times \sigma_{i,t} + \omega_{j,t} \times \sigma_{j,t}}{\omega_{i,t} + \omega_{j,t}} \end{cases} \quad (4)$$

经过改进后的背景更新算法基本满足要求,但仍存在局部光照突变引起的误检问题^[6]。针对这一问题,提出了将背景差分法和帧差法结合起来检测机动目标的策略。首先,用视频中第 K 帧 ($K \geq 2$) 与背景图像做差分得到前景图像 f_1 , 将第 $K-1$ 与 $K+1$ 帧图像做差分, 获得目标轮廓图像 f_2 ; 然后, 根据隔帧差分后获得的不同区域范围信息更新背景建模参数, 对前景区域设置较小更新率, 对背景区域设置较大更新率, 同时各像素按自己的更新率进行更新; 最后, 将获取到的前景图像 f_1 和 f_2 进行“相加”处理(即“或”运算)。

2.2 目标定位

当完成目标检测以后,就需要获取目标在图像中的位置,以完成目标定位。由于行人和车辆区域构成了连通域,因此文中采用了计算连通域重心坐标^[7]的方法来完成目标区域进行定位。

对于二值图像中的不规则连通域,用矩特征来描述,矩特征的计算公式如下

$$M_{pq} = \text{sigma}(x)\text{sigma}(y) x^p y^q f(x, y) \quad (5)$$

其中, x, y 为连通域点坐标; (x_c, y_c) 为重心坐标, 则有以下计算公式

$$x_c = M_{10}/M_{00}, y_c = M_{01}/M_{00} \quad (6)$$

其中, M_{10} 表示 x 方向上一阶矩; M_{01} 表示 y 方向上一阶矩; M_{00} 表示连通域面积。

3 机动目标特征提取与识别

3.1 特征提取

文中选用 Haar_like 矩形特征对目标进行特征

提取, Haar_like 矩形特征主要包括边缘特征、线性特征、中心特征和中心特征对角线特征四种类型, 由他们组合成特征模板^[9]。如果目标物体的图像尺寸大小为 $W \times H$, 在这个图像区域的任一矩形区域都可以由五维组表示: $r(x, y, w, h, \alpha)$, 其中 (x, y) 表示矩形区域左上角顶点坐标; (w, h) 表示特征矩形宽和高; α 是特征矩形旋转的角度; 并且这些特征矩形参数符合下式。

$$\begin{aligned} 0 \leq x, x+w \leq W; 0 \leq y, y+h \leq H \\ x, y \geq 0; w, h \geq 0; \alpha \in \{0^\circ, 45^\circ\} \end{aligned} \quad (7)$$

其特征值的计算方法为用白色填充区域的像素值只和减去黑色填充矩形区域的像素值之和。

Haar_like 矩形特征的计算公式如下

$$\text{feature}_i = \sum_{i \in I=\{1, \dots, N\}} \omega_i \cdot \text{RecSum}(r_i) \quad (8)$$

式中, ω_i 是第 i 个矩形的权值; $\text{RecSum}(r_i)$ 是第 i 个矩形内所有像素的灰度积分; N 是特征矩形的个数^[10]。文中选取了适用于机动目标识别的 12 种矩形特征, 如图 2 所示。

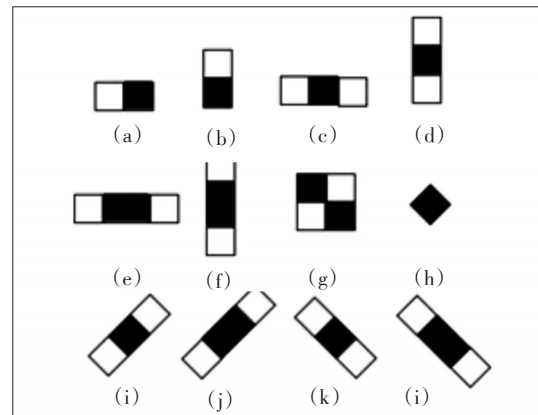


图2 文中选取的12种 Haar_like 矩形特征

3.2 特征识别

在对目标进行特征提取的基础上,通过训练 SVM 分类器^[11]的方法来实现对目标的识别。SVM 的基本思想是通过在原始空间或投影后的高位空间中构造最优分类平面来进行分类。假设存在两类可分类的训练样本 $(x_i, y_i)_{1 \leq i \leq l}$, 其中 $x_i \in R^n$, $y_i \in \{-1, +1\}$, y_i 表示 x_i 所属类别, 通过构建分类规则 $I(x)$ 来实现对未知类别的样本进行判别分类。

对于线性可分训练样本, SVM 要建立分类超平面 $(w \cdot x) + b = 0$, 这个超平面既要满足 $y_i(w \cdot x + b)$

$-1 \geq 0, (i=1, \dots, l)$, 还要使 $\Phi(w) = 1/2 \|w\|^2$ 取得最小值, 于是可求得最优分类平面满足: $\sum_{SV} y_i a_i^* (x \cdot x_i) + b^* = 0$, 其中, SV 表示支持向量; a_i^* 是拉格朗日乘子。对于非线性可分样本, SVM 引入松弛因子 $\xi_i \geq 0$ 及惩罚参数 C , 这时需要约束 $y_i (w \cdot x + b) \geq 1 - \xi_i, (i=1, \dots, l)$ 下最小化函数 $\Phi(w) = 1/2 \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^l \xi_i$, 这时可求得最优分类平面满足 $I(x) = \text{sgn} \left\{ \sum_{SV} y_i a_i^* (x \cdot x_i) + b^* \right\}$ 。

当在低维空间中向量难以划分时, SVM 通过某种非线性函数投影到高维空间使其能够划分。同时, 为了避免“维数灾难”问题, SVM 引入了核函数 $K(x, y)$, 由于最优分类平面函数中只涉及到样本特征向量的点积 (x, y) , 于是便可以用 $K(x, y)$ 来代替 (x, y) , 则 $K(x, y) = \phi(x) \cdot \phi(y)$, 其中 ϕ 表示一种映

射。当选取适当的核函数以后, 就可以得到高维空间的最优分类函数: $f(x) = \text{sgn} \left\{ \sum_{i=1}^n a_i^* y_i K(x_i \cdot x) + b^* \right\}$, 选取高斯核函数 $K(x, y) = \exp \left\{ -\frac{\|x - y\|^2}{2\sigma^2} \right\}$ 作为核函数。

4 实验结果与分析

图3为传统中值滤波法与文中提出的改进的中值滤波法的对比效果图。其中, 图3a为被椒盐噪声污染的红外图像, 图3b为传统中值滤波法对图3a滤波后的效果图, 图3c为文中提出的改进后的中值滤波法对图3a进行滤波后的效果图。容易看出, 传统中值滤波在除去噪声的同时也模糊了物体的边缘, 而改进后的中值滤波算法在滤去噪声的同时保留了物体的边缘细节。



图3 红外图像去噪效果对比图

表1是文中提出的改进算法与传统的混合高斯模型算法分别在处理不同测试视频时所需要的时间。其中改进算法的 K_{max} 和传统算法的 K 值均取4。由表1中的数据可以看出, 通过对算法的改进可

以使所需平均时间由 24.9 ms 降为 16.7 ms, 即改进后的算法更有效率, 为后续目标实时识别奠定了基础。

表1 传统算法与改进后算法处理所需时间对比 单位: ms

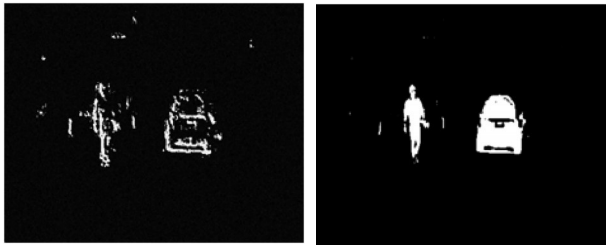
算法	Video1	Video2	Video3	Video4	Video5	Video6	平均值
传统的混合高斯模型算法	24.8	22.4	25.1	25.3	24.9	26.9	24.9
改进的混合高斯模型算法	16.7	15.1	16.9	17.1	16.8	17.5	16.7

图4为机动目标检测的对比效果图。图4a为红外视频流中的包含信任与车辆的一帧图像, 图4b为传统的背景差分法进行目标检测的效果图, 图4c为帧差法目标进行目标检测的效果图, 图4d为文

中提出的方法对目标进行检测的效果图。由图4可以看出, 传统的背景差分法检测目标时出现大面积误检, 帧差法无法得到完整的目标, 文中改进后的算法对目标的检测效果较为理想。



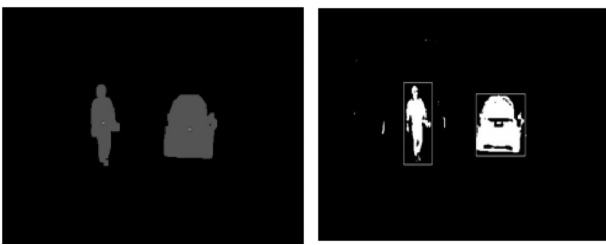
(a)红外视频中一帧 (b)背景差分法检测效果



(c)帧差法检测效果 (d)文中提出的算法检测效果

图4 目标检测效果对比图

图5是运用计算连通域重心坐标的方法进行目标定位的结果图。图5a为对目标进行重心标记后的结果图,在此基础上对目标区域进行精确定位后的结果如图5b所示。



(a)重心标记 (b)目标区域定位

图5 目标定位结果图

最后用训练得到的SVM分类器对待测数据进行分类识别,得到分类识别的结果并针对结果进行标注。如图6所示。



图6 行人和汽车的识别结果图

部分识别结果如下:识别系统中对检测到的目标进行识别时,当识别系统判定目标为车辆时用红色四方框标注其位置,目标为行人时用蓝色四方框标注其位置。由图可以看出,在理想状态下识别效果良好。

为了验证文中识别的正确率,对视频中两类地面最常见目标行人与车辆分别统计出现330次的正确识别次数如表2。

表2 SVM算法对两类目标的识别结果

目标类别	识别样本总数	识别正确数	分类错误数	识别正确率/%
车辆	330	319	11	96.7
行人	330	315	15	95.5

根据表2的识别结果可以看出,识别率可以满足对行人和车辆的识别的要求,行人的识别率相对于车辆要低的原因是当人并肩行走或成群结队行走时造成的误判。

5 结论

首先改进中值滤波法完成外图像进行预处理。在目标检测阶段,提出的自适应改变描述背景像素的高斯分布个数的方法提高了建模的效率,背景差分法与帧差法相结合的策略能准确地检测到目标,图像中出现多个目标时,提出的计算连通域重心坐标的方法能够完成对多个目标的定位。特征提取时选取了 Haar_like 矩形特征进行特征提取,最后通过基于SVM的机动目标识别系统能够高效地完成机动目标的识别。

参考文献

- [1] 乔立永,徐立新,高敏.红外目标识别图像复杂度度量方法综述[J]. 红外技术,2013(2):88-90.
- [2] 龚卫国,杨金妃,李建福. 红外图像序列中的人体检测算法[J]. 计算机工程,2010,36(23):146-148.
- [3] 赵高长,张磊,武风波.改进的中值滤波算法在图像去噪中的应用[J]. 应用光学,2011(4):680-682.
- [4] 丁磊,宫宁生.基于改进的三帧差分法运动目标检测[J]. 电视技术,2013,37(1):151-153.
- [5] 孙斌,黄神治.移动背景下运动目标检测与跟踪技术研究[J]. 电子测量与仪器学报,2011(3):206-210.

$$DF_j^i(x,y) = \max[D1_j^i(x,y), D2_j^i(x,y)] \quad (6)$$

4 实验结果及分析

为了验证基于小波融合的视频增强方法在提高夜间视频图像质量方面的实效性,选取图2a所示的夜间环境下视频监控系统记录的画面作为实验检材,在MATLAB7.0实验环境下,将文中方法与自适应直方图均衡化、多尺度Retinex进行对比实验,图2b、图2c和图2d分别为自适应直方图均衡化、多尺度Retinex以及文中方法的处理结果。

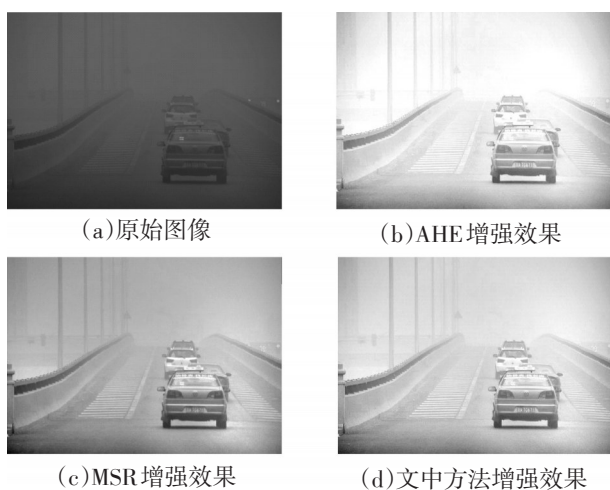


图2 夜间视频图像增强实验结果

通过比较四幅图像的视觉效果可以看出,原始图像是一幅由夜间光线照度低和雾霾天气能见度低等因素共同作用的退化图像,画面晦暗,对比度微弱,细节模糊,噪声干扰严重;经过自适应直方图均衡化处理的图像亮度和对比度明显提高,但是部分区域过度增强,细节损失较多;经过多尺度Retinex处理的图像平滑细腻,色调逼真,但是整体亮度和对比度偏低;文中方法处理的图像自然鲜

明,整体感强,车辆、建筑等清晰可辨,具有较高的使用价值。

5 结论

鉴于视频图像退化机理的复杂性和多样性,常规的图像增强方法难以奏效,利用小波图像分解与重构特性,对不同方法处理的具有互补信息的输出图像进行融合,有效地提高视频图像质量和使用价值。以夜间环境下视频监控图像为例,分别进行自适应直方图均衡化、多尺度Retinex以及基于二者输出图像的小波融合实验。实验结果表明,所提出的基于小波融合的视频图像增强方法优于单一的图像增强方法,既能提高视频图像的层次感和清晰度,又能使视频图像的亮度、对比度、色彩等效果更符合人眼视觉特性,具有良好的综合性能。

参考文献

- [1] 敬忠良,肖刚,李振华. 图像融合—理论与应用[M]. 北京:高等教育出版社,2007.
- [2] 扈佃海,吕绪良,文刘强. 一种改进的直方图均衡化图像增强方法[J]. 光电技术应用,2012,27(3).
- [3] Pizer S. Adaptive histogram equalization and its variations [J]. Computer Vision Graphics & Image Processing, 1987, 39(3).
- [4] Land E H. The Retinex theory of color vision[J]. Scientific American, 1977, 237(6).
- [5] Mallat S G. A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1989, 11(7).
- [6] 李锦,王俊平,万国挺,等.一种结合直方图均衡化和MSRCR的图像增强新算法[J]. 西安电子科技大学学报,2014,41(3).

(上接第26页)

- [6] 屈晶晶,辛云宏.连续帧间差分与背景差分相融合的运动目标检测方法[J]. 光子学报,2014(7):219-221.
- [7] SUN Min, Sid Yingze BAO, Silvio Savarese. Object detection using geometrical context feedback[J]. International Journal of Computer Vision, 2012, 27(10):1002-1005.
- [8] Kim Dong-sun, Kwon Jin-san. Moving object detection on a vehicle mounted back-up camera[J]. Sensors, 2015, 61

(14): 161-166.

- [9] 郭裕兰,鲁敏,谭志国,等.采用投影轮廓特征的激光雷达快速目标识别[J]. 中国激光,2012(2):200-205.
- [10] 郭明玮,赵宇宙,项俊平,等.基于支持向量机的目标检测算法综述[J].控制与决策,2014(2):197-200.
- [11] 李一芒,何昕,魏仲慧,等.采用降维技术的红外目标检测与识别[J].光学精密工程,2013(5):1297-1303.