

文章编号:1004-4213(2011)03-0476-7

# 基于光流估计和自适应背景抑制的弱小目标检测

秦剑, 陈钱, 钱惟贤

(南京理工大学 近程高速目标探测技术国防重点学科实验室, 南京 210094)

**摘 要:**针对复杂云背景下的弱小目标探测,提出了一种基于光流估计和自适应背景抑制相结合的弱小目标检测算法.首先根据红外图像中云的移动规律,对云背景下的红外图像进行光流分析,提取运动云区.在光流场的计算中结合了云运动的特点以及光流方程的两个约束条件,对传统的基于梯度的光流法予以改进.同时发现移动云区对目标探测的影响较大,为了抑制移动云区对弱小目标的干扰,提出了自适应抑制复杂背景的算法,在光流场分析提取的移动云区中,利用代表背景复杂程度的背景因子,自适应调整分割阈值,抑制复杂背景的干扰.这样只在容易引起虚警的移动云区进行背景抑制处理,简化了计算量,降低了云区对弱小目标的干扰,减少了虚警和误判.实验结果表明该算法可以显著减少云区造成的虚警,并且能够探测出弱小目标.

**关键词:**图像处理; 红外技术; 目标检测; 光流估计; 背景抑制

**中图分类号:** TP391.4

**文献标识码:** A

**doi:** 10.3788/gzxb20114003.0476

## 0 引言

在机载红外搜索跟踪系统中,红外弱小目标检测一直是重点研究方向之一.在弱小点目标检测中,红外成像系统作用距离可达到几十公里甚至上百公里,在红外图像上仅表现为很少的几个像素<sup>[1]</sup>.在以天空为背景的目标检测中,云区的边缘、碎云或波动较大的云区会被当作目标点被检测出来,造成虚警,而且云区中有些虚警点和目标轨迹相似,很难在后续的数据关联处理中将其滤除,所以在目标检测时就需要尽可能将云杂波滤除干净.对于复杂的云杂波背景,通常的处理方法有背景预测、罗宾逊滤波、tophat 算法等,但这些方法对于复杂的背景都无法做到自适应更新阈值.本文利用代表背景的复杂度的邻域熵特征值,自适应调整奇异点检测后的分割阈值,使得各类背景的探测率都相对平均<sup>[2]</sup>.从而达到自适应抑制背景的作用,最终使得背景的复杂程度不再成为影响弱小目标探测的障碍,实现恒虚警率.但是利用邻域熵自适应抑制背景的算法计算量较大,而且对于平坦的天空和云区以及不运动的云杂波也没有必要进行这一复杂计算,只需要对造成虚警率较高的移动云区进行自适应背景抑制即可.

提取运动的云区需要依靠图像序列来计算,图像序列检测算法主要包括三维匹配滤波法<sup>[3-4]</sup>、光流

法<sup>[5]</sup>和对称差分法等<sup>[6-8]</sup>.三维匹配滤波法计算量较大,对称差分法获得的运动目标区域往往不连续,而光流法不需要预先知道任何背景的信息,依靠随时间变化的光流特性来判断运动云区.本文结合云移动的特点以及光流方程的两个约束条件对传统光流法进行了改进,提出了基于隔帧处理和采用 Ronbinson 滤波的处理结果作为光流分析的差分图像的光流场计算方法.对光流估计的光流图进行滤波分割,并对分割的云区图像做膨胀扩展.从而更准确地提取运动的云区.

## 1 基于光流方程的背景运动估计

### 1.1 基于梯度的光流估计

1981年, Horn 和 Schunck 提出将速度场与灰度相联系,引入光流约束方程,得到光流计算的基本算法<sup>[9]</sup>.该算法主要基于两种假设:1)强度不变假设,即对一组连续的二维图像序列中的某个目标的运动而言,沿该运动的轨迹曲线的各帧中相应的像素点具有相同的灰度值.2)全局平滑假设,即物体的运动矢量是局部平滑的或只有缓慢变化.特别是刚体运动,各相邻像素点具有相同的运动速度,即速度平滑<sup>[10]</sup>.

联立以上两个假设,则光流的计算转化成如下

基金项目:南京理工大学研究基金(No. 2010ZDJH12)资助

第一作者:秦剑(1985-),女,博士研究生,主要研究方向为红外图像处理和目标探测识别技术. Email: qinjiansword@hotmail.com

导师:陈钱(1964-),男,教授,博导,主要研究方向为光电探测与成像技术等方面的研究. Email: developer\_plus@163.com

收稿日期:2010-11-25;修回日期:2011-01-14

误差的最小化问题,则光流约束方程为

$$\frac{\partial E}{\partial x}\mu + \frac{\partial E}{\partial y}v + \frac{\partial E}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

式中 $(\mu, v) = \left(\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}\right)$ , 定义为光流矢量,  $\mu$  为水平光流,  $v$  为垂直光流,  $\frac{\partial E}{\partial x}$ 、 $\frac{\partial E}{\partial y}$  和  $\frac{\partial E}{\partial t}$  分别表示二维图像关于  $x$  轴,  $y$  轴和  $t$  轴方向的偏导数.

令

$$I_x = \frac{\partial E}{\partial x}, I_y = \frac{\partial E}{\partial y}, I_t = \frac{\partial E}{\partial t} \quad (2)$$

$A$  为正则系数, 代表了全局平滑项的比例, 通过变分法和递归算法可以得到 $(\mu, v)$ 的递归解

$$\begin{aligned} \mu_{x,y}^{k+1} &= \mu_{x,y}^k - \frac{I_x [I_x \mu_{x,y}^k + I_y v_{x,y}^k + I_t]}{A^2 + I_x^2 + I_y^2} \\ v_{x,y}^{k+1} &= v_{x,y}^k - \frac{I_y [I_x v_{x,y}^k + I_y \mu_{x,y}^k + I_t]}{A^2 + I_x^2 + I_y^2} \end{aligned} \quad (3)$$

式中 $(\mu_{x,y}^k, v_{x,y}^k)$ 为像素点 $(x, y)$ 处的光流矢量, 递归计算的光流初始值, 即当 $k=0$ 时, 光流矢量为 $(0, 0)$ .

## 1.2 云背景下的光流估计

通过对在大视场的短焦成像系统中, 云背景下视频图像的观察, 可以发现运动中云区移动的速度很慢, 平均下来大约为 $1 \sim 3$  pix/s, 而且同一片云区里的局部领域中各点的运动方向及速度基本一致, 可称其为同向性. 根据这些分析, 考虑到云的运动速度较慢, 所以需要对传统光溜估计法予以调整, 同时依据云区的领域同向性, 可以对光流场进行滤波, 以减小光流估计带来的误差.

基于前面的分析, 在 25 Hz 帧频的大视场成像系统中, 对云背景下的红外图像进行光流分析, 如果采用传统的连续两帧做差分, 云的运动位移几乎分辨不出, 会给探测云区带来误差, 所以考虑采用隔帧处理的方法, 克服了传统光流场法所带来的局限, 但隔的帧数不能太大, 否则将无法满足光流方程的强度不变约束条件. 光流方程式(1)中 $\frac{\partial E}{\partial x}$ 、 $\frac{\partial E}{\partial y}$ 和 $\frac{\partial E}{\partial t}$ 在数字图像中, 其计算估计为

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial x} &= \{ [E(x_{i+1}, y_j, t_k) - E(x_i, y_j, t_k)] + \\ & [E(x_{i+1}, y_{j+1}, t_k) - E(x_i, y_{j+1}, t_k)] + \\ & [E(x_{i+1}, y_j, t_{k+n}) - E(x_i, y_j, t_{k+n})] + \\ & [E(x_{i+1}, y_{j+1}, t_{k+n}) - E(x_i, y_{j+1}, t_{k+n})] \} / 4 \\ \frac{\partial E}{\partial y} &= \{ [E(x_i, y_{j+1}, t_k) - E(x_i, y_j, t_k)] + \\ & [E(x_{i+1}, y_{j+1}, t_k) - E(x_{i+1}, y_j, t_k)] + \\ & [E(x_i, y_{j+1}, t_{k+n}) - E(x_i, y_j, t_{k+n})] + \\ & [E(x_{i+1}, y_{j+1}, t_{k+n}) - E(x_{i+1}, y_j, t_{k+n})] \} / 4 \\ \frac{\partial E}{\partial z} &= \{ [E(x_i, y_j, t_{k+n}) - E(x_i, y_j, t_k)] + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & [E(x_{i+1}, y_j, t_{k+n}) - E(x_{i+1}, y_j, t_k)] + \\ & [E(x_i, y_{j+1}, t_{k+n}) - E(x_i, y_{j+1}, t_k)] + \\ & [E(x_{i+1}, y_{j+1}, t_{k+n}) - E(x_{i+1}, y_{j+1}, t_k)] \} / 4 \quad (4) \end{aligned}$$

式中 $\{E(x_i, y_j, t_k), i, j=0, 1, \dots, N-1, k=0, 1, \dots, K\}$ 表示在时刻 $t_k$ 图像平面中 $(x, y)$ 点的图像灰度值.  $n$ 表示间隔的帧数,  $n$ 为1时就是传统的光流法, 本文取 $n=25$ , 表示间隔25帧做差分, 这时可能会出现差分的两幅图像光照强度有所变化, 这将不满足光流约束条件中强度不变的假设, 会对光流分析的结果带来误差.

在检测和识别红外序列图像中弱小目标时常用罗宾逊滤波器. 它通过比较中心像素与其邻域像素极值间的差异来抑制背景, 用罗宾逊一次处理后的图像反映了原图像整体的相对梯度的信息, 基本不受光照变化的影响. 所以为了减弱光照变化带来的影响, 用罗宾逊一次处理后的图像来做光流分析, 而且罗宾逊在后文背景自适应抑制中也将用到, 避免了重复计算, 节约了计算时间. 非线性非参量型罗宾逊滤波器 (Robinson filter with a guard band) 的公式为

$$f_{\text{Robinson}}(x, y) = \begin{cases} f(x, y) - \max(z_1, z_2, z_3, z_4), & f(x, y) > \max(z_1, z_2, z_3, z_4), \\ f(x, y) - \min(z_1, z_2, z_3, z_4), & f(x, y) < \min(z_1, z_2, z_3, z_4), \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} z_1 &= \text{mean}(f(i-l:i+l, j-l)) \\ z_2 &= \text{mean}(f(i-l:i+l, j+l)) \\ z_3 &= \text{mean}(f(i-l, j-l:j+l)) \\ z_4 &= \text{mean}(f(i+l, j-l:j+l)) \end{aligned}$$

式中 $f(i, j)$ 为图像中点 $(i, j)$ 处灰度. 罗宾逊滤波器的滤波结果反映中心像素与其邻域像素极值间的差异.

在红外图像中, 由于受到红外探测器的材料以及工艺等因素的影响, 红外图像存在不可避免的非均匀性和离散的盲元点. 这将影响光流约束条件中全局平滑的假设. 为克服数字图像序列离散化的噪声对计算光流的影响, 先用 $3 \times 3$ 最大中值滤波这一非线性统计排序滤波方法对图像序列先进行平滑<sup>[2]</sup>, 公式为

$$\begin{aligned} f_{\text{med}} &= \max(z_1, z_2, z_3) \\ z_1 &= \text{med}[f(i, j-N), \dots, f(i, j), \dots, f(i, j+N)] \\ z_2 &= \text{med}[f(i-N, j), \dots, f(i, j), \dots, f(i+N, j)] \\ z_3 &= \text{med}[f(i+N, j-N), \dots, f(i, j), \dots, f(i-N, j+N)] \\ z_4 &= \text{med}[f(i-N, j-N), \dots, f(i, j), \dots, f(i+N, j+N)] \end{aligned} \quad (6)$$

$f$ 为输入图像,  $\max$ 为取最大值,  $\text{med}$ 为取集合的中值.

### 1.3 云区的提取

按照前面的分析,同一片云区里的局部领域中各点的运动方向及速度基本一致,所以对应光流场的局部领域中的光流矢量应一致.对光流场进行  $5 \times 5$  范围内的均值滤波,可以去除光流场中的噪声点,然后对光流图进行云区分割,分割后的云区图像再经膨胀进行延展,并对最终的移动云区予以标记.

## 2 背景自适应抑制

前面讨论了通过对图像序列做光流分析,将移动的云区提取出来,提取的云区一般包括云的边缘,较大的波动的云区以及一些碎云.这一部分的云背景较为复杂,如果把它们当作目标提取出来,会造成虚警,而且移动云区中的虚警点和目标轨迹相似,在后续的数据关联处理中很难将其滤除.这就需要在数据关联前的目标检测中控制虚警率.因为云区中虚警率较大,这就需要在检测中能够对复杂背景做到自适应抑制,而抑制不同复杂程度的背景就需要度量背景的复杂程度,再根据复杂程度进行不同程度的抑制.自适应的杂波抑制算法计算量较大,只在移动的云区做自适应背景抑制可以大大减少计算量.

### 2.1 背景复杂度的描述

图像的复杂程度可以体现在一片领域内图像灰度值的离散程度,领域熵可以很好的描述局部背景的这一特性.

图像中以  $(i, j)$  为中心的  $M \times N$  大小的一个局部邻域的领域熵定义为

$$H_{ij} = - \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N p_{ij} \lg p_{ij}$$

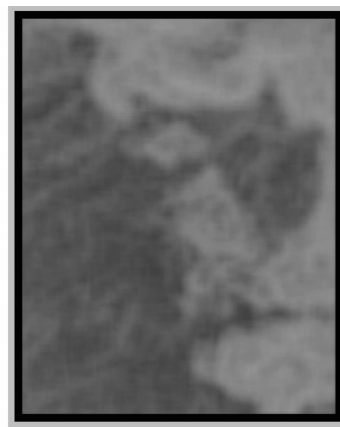
$$p_{ij} = f(i, j) / [\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N f(i, j)] \quad (7)$$

式中  $f(i, j)$  为图像中点  $(i, j)$  处灰度;  $H$  为该图像的熵;  $p_{ij}$  为点  $(i, j)$  处灰度分布概率,  $M \times N$  为一个局部邻域的大小<sup>[11]</sup>.

邻域熵反映了图像灰度的离散程度,图像中信息越丰富的地方,邻域内灰度级别会越多,该邻域的熵值越大,而与灰度值大小无关.图 1(a) 为一幅天空的图像,含有云区和天空,图 1(b) 为(a)图的领域熵图像,图 2 分别为天空和云区的三维图.可以看到云区中灰度值有很多起伏,对应领域熵也较大,而平坦天空图像的灰度分布相对均匀,领域熵也较小.所以用图像的领域熵,作为背景因子图像,可以很好的描述背景的复杂程度.



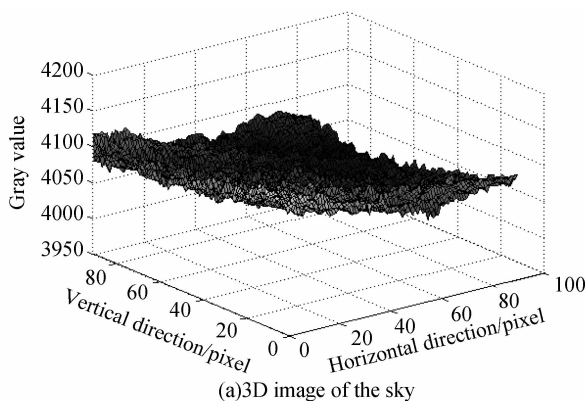
(a)The infrared image



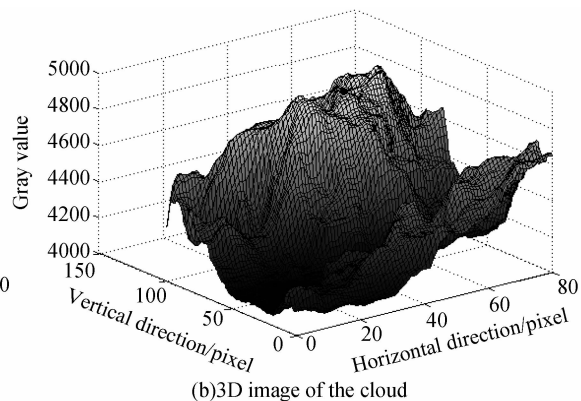
(b)The entropy image

图 1 红外图像与领域熵图像

Fig. 1 The infrared and the entropy images



(a)3D image of the sky



(b)3D image of the cloud

图 2 天空和云区的三维图

Fig. 2 3D images of the sky and the cloud

## 2.2 自适应的阈值分割

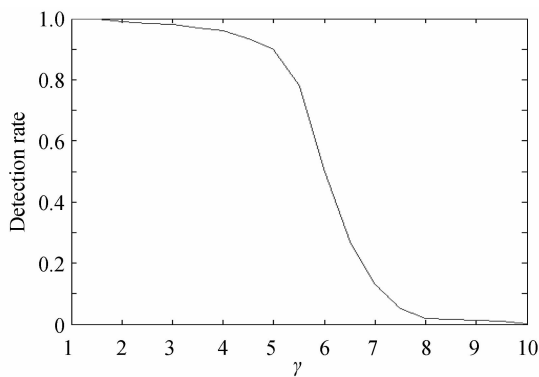
图像按照频域可以分为高频和低频区域,通过前文中叙述的罗宾逊滤波可以将高频区域的目标点、噪声点、边缘点提取出来.用罗宾逊滤波器进行目标检测会发现高频区域的探测率不同于低频区域,为使目标探测概率为均匀分布,减少复杂背景对探测率和虚警的影响,就应当使不同频域下的不同的背景下的目标的探测率、虚警率趋于相等.

根据上节的算法分析,背景因子图像每个点的值代表该像素所在领域背景的复杂程度,为了自适应抑制不同复杂程度的背景.可以用背景因子调整经罗宾逊滤波器后潜在目标的能量阈值,使分割目标后各处的探测率趋于相等.

自适应的阈值通过经验,按照式(8)选取

$$T_{val}(i,j) = \text{mean}(f(i-a:i+a, j-a:j+a)) + \gamma \times \text{entr}(i,j) \times \text{entr}(i,j) \quad (8)$$

$\text{mean}(f)$ 为领域均值, $a$ 为求取均值的领域窗口的



(a) Relation between the  $\gamma$  and the detection rate

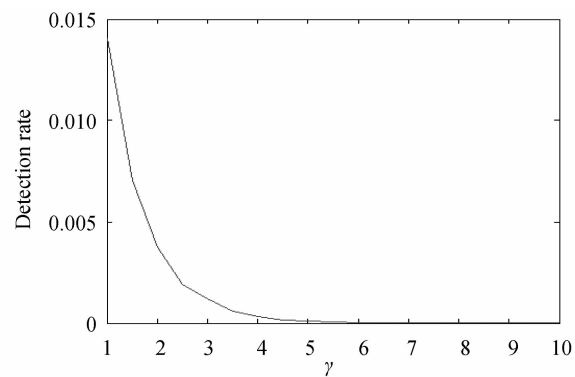
尺寸, $\text{entr}(i,j)$ 为背景因子图像对应每个点的背景因子值, $\gamma$ 为系数,是为了平均各种不同场景下的阈值.

对于移动云区采用上述背景自适应抑制技术,而对于非移动云区的图像阈值按照全局自适应调整,阈值通过经验  $\text{mean}(f)$ 按照式(9)选取,这样可使计算量大大减少.

$$T_{val}(i,j) = \text{mean}(f) + \gamma \times \text{std}(f) \quad (9)$$

$\text{mean}(f)$ 为背景图像的均值, $\text{std}(f)$ 为背景图像的方差, $\gamma$ 为系数,和式(8)中的意义相同.

这里通过对云场景下的红外目标图像反复试验来确定  $\gamma$  该如何选择,图 3 为不断调整  $\gamma$  得到的不同系数下探测率和虚警率的分布情况,可以看到  $\gamma$  越小探测率越优,而  $\gamma$  越大探测的虚警率越小,为了达到最好的探测效果,这里需要两个参量同时达到最优.基于上述分析,结合图 3,本文取  $\gamma$  系数为 5.



(b) Relation between the  $\gamma$  and the false alarm rate

图 3 探测率及虚警率和  $\gamma$  的关系

Fig. 3 Relation between the  $\gamma$  and the target detection rate and the false alarm rate

## 3 算法流程

基于前面的分析,针对云背景下的目标探测,本文提出了一种基于光流估计和自适应背景抑制的弱小目标检测算法,整个算法流程如图 4.

1) 将  $t_k$  与  $t_{k+25}$  时刻的图像按照式(6)预处理,得到  $M(t_k)$  和  $M(t_{k+25})$ ;

2) 将  $M(t_k)$  和  $M(t_{k+25})$  按照式(5)用罗宾逊滤波器进行滤波得到两帧预处理后的图像  $E(t_k)$  和  $E(t_{k+25})$ ;

3) 用  $E(t_k)$  和  $E(t_{k+25})$  按照式(3)、(4)求取光流估计得到光流图  $O(t_{k+25})$ ;

4) 对光流图  $O(t_{k+25})$  进行滤波并分割获得运动的云区,再对云区用形态学膨胀操作进行扩张,得到最终的运动云区,并予以标记;

5) 对标记的运动云区按照式(7)求熵图像,作为背景因子图像,这样就得到每个像素的背景复杂度;

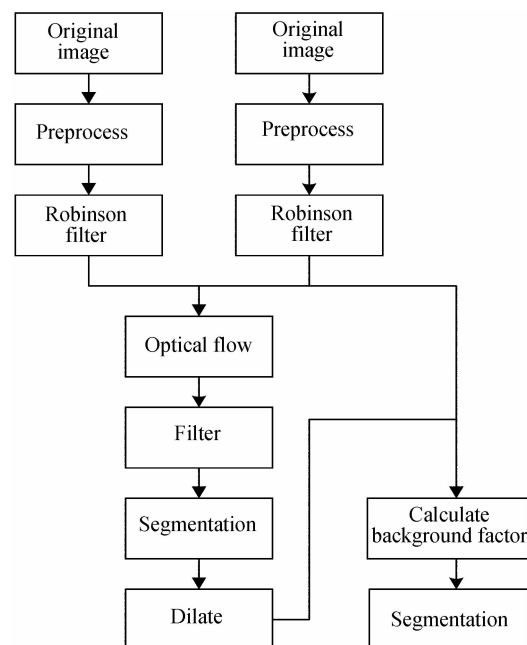


图 4 算法流程

Fig. 4 Flow chart of the algorithm

6) 利用背景因子图像按照式(8)调整自适应的阈值, 对于非移动的云区以及天空按照式(9)求得阈值,

7) 以步骤 6) 的结果进行目标分割, 以达到削弱复杂背景的影响.

## 4 实验结果

按照前文描述的目标检测技术, 对视频录像进行处理. 实验选取两组长波红外热像仪的录像, 分别取出间隔 25 帧的两幅图像, 两组视频均为复杂的云背景下的弱小目标图像, 目标的大小为  $3 \times 3$  pixel<sup>2</sup>, 其中图像序列 1 的目标位于非云区, 目标信噪比 2.1; 序列图像 2 中目标位于云区, 受云区影响, 信噪比为 1.4.

### 4.1 序列图像 1 的实验结果

截取序列图像中的间隔 25 帧的两幅图像如图 5(a)、(b), 对提取的两幅图像做光流估计, 并对光流图滤波, 得到光流图如图 5(c), 对其进行分割, 提取

移动的云区, 并予以标记. 图 5(d) 中白色部分即为提取的移动云区, 这是提取云区的最小范围, 对移动云区进行膨胀形态学操作, 得到扩展后的云区, 如图 5(e), 可以看出大部分的云区都被提取出来, 这是因为随着大气气流的运动, 云整体都会移动, 只有较大云区中的平坦区域不会划入移动的云区. 从图中可以看到需要进一步做背景抑制的实际区域图像相对整幅图像只占 1/2 区域, 大大减小了后续背景抑制的计算量. 为了抑制复杂背景, 先通过求背景因子图像计算背景复杂程度. 图 5(f) 为背景因子图像, 可以看到云区的背景比天空更为复杂, 所以背景因子值也更高. 这里只需要计算图移动云区的背景因子图像, 如图 5(g), 再利用背景因子自适应调整阈值进行目标分割, 图 5(h) 为最终分割的结果, 而图 5(i) 为传统罗宾逊滤波后按照式(9)进行全局自适应阈值分割的结果. 对比发现云区被提取出来的虚假目标大大减少, 通过数据关联, 这些云区中的虚警点大部分均可滤除.

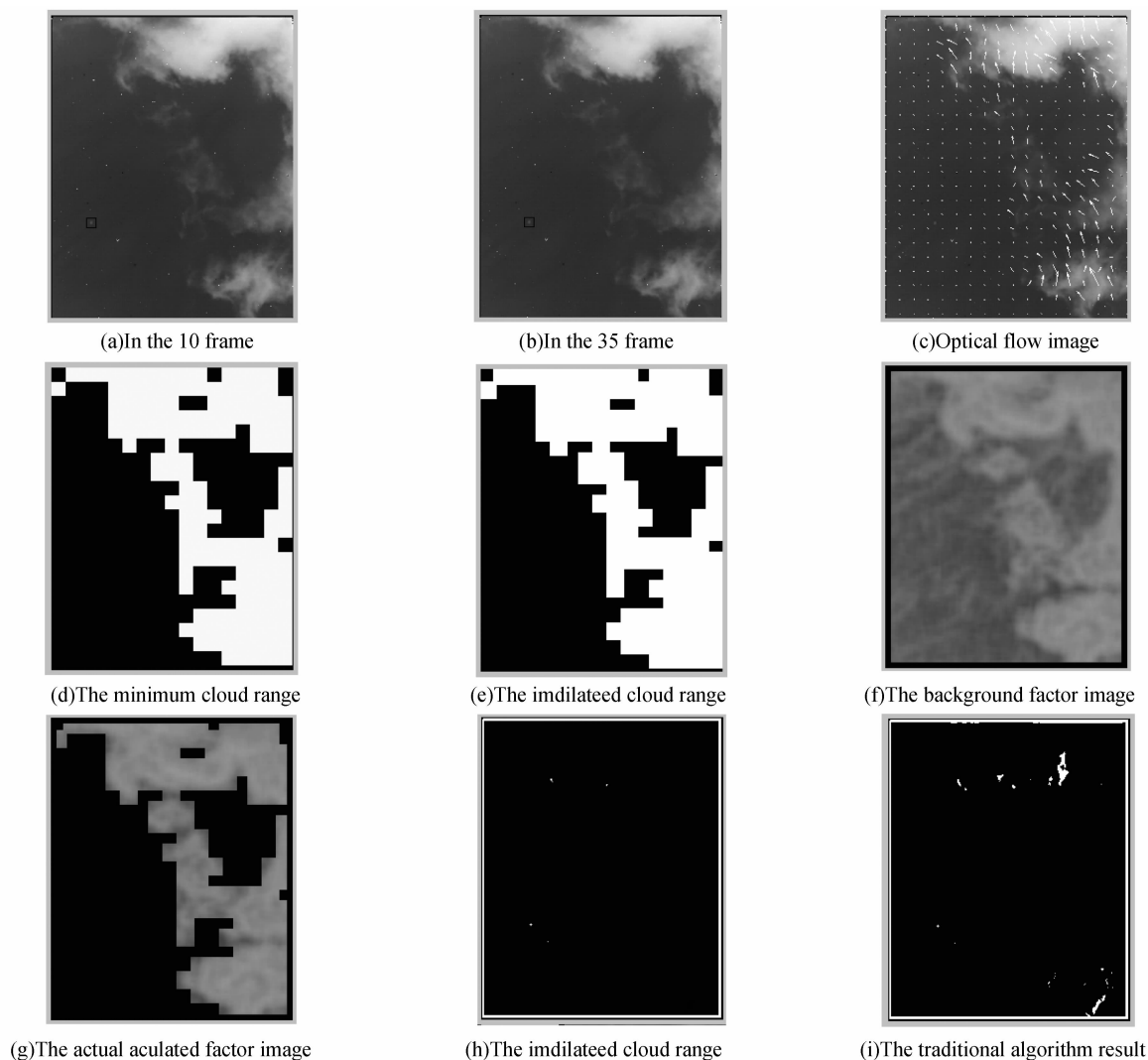


图 5 图像序列 1 的处理结果

Fig. 5 Results of the infrared sequence 1

## 4.2 序列图像 2 的实验结果

序列图像 2 中的目标位于云区,因为受云区影响,目标信噪比较低,取序列图像 2 中的间隔 25 帧的两幅图像如图 6(a)、(b). 对这两幅图像进行光流分析,并对光流图滤波再提取云区,并对其延展得到图 6(c). 大部分的云区被标记为移动云区,再对移

动云区进行背景抑制,利用背景的复杂度调整阈值,云区的背景复杂度如图 6(d). 再分割检测存在的目标,得到图 6(e) 目标检测结果. 图 6(f) 为传统罗宾逊滤波后按照式(9)进行全局自适应阈值分割的结果,通过对比可以发现云区虚警率大大降低.

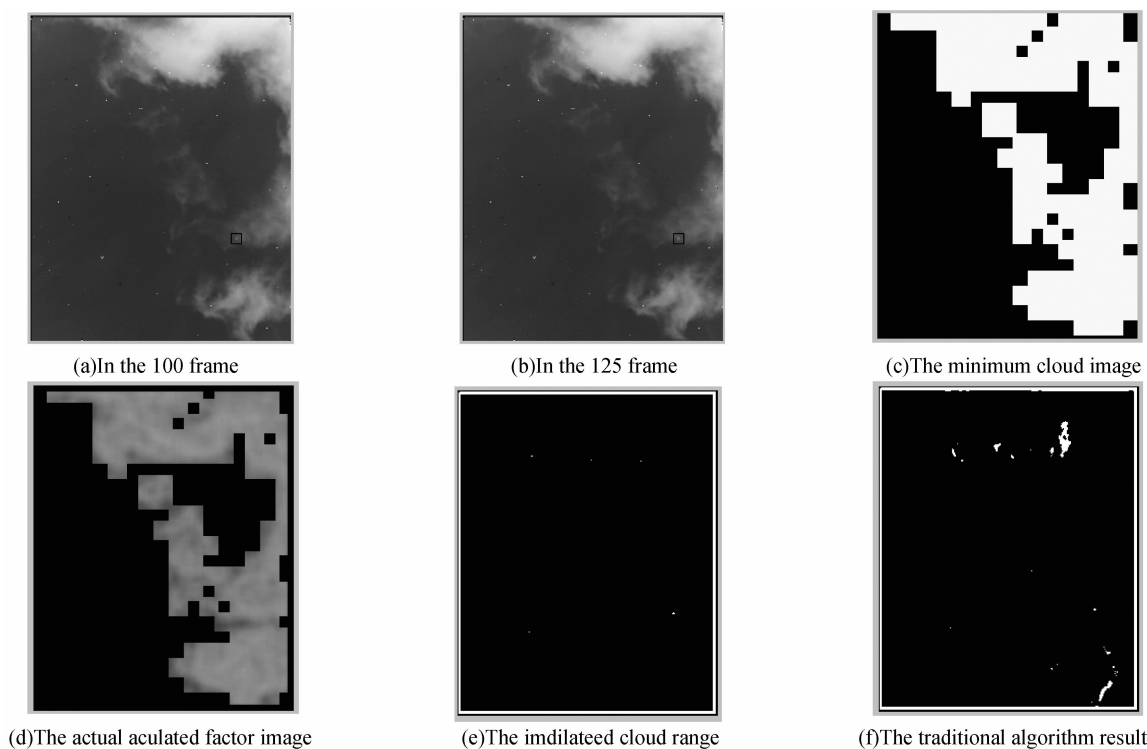


图 6 图像序列 2 的处理结果

Fig. 6 Results of the infrared sequence 2

在进行目标检测完后,通过数据关联,根据目标航迹的特征进一步对杂波点进行抑制,这里数据关联的具体方法不再叙述,通过长时间的统计,探测率达到 98%,同时虚警率可以控制在  $5 \times 10^{-5}$ .

## 5 结论

由于红外图像中弱小目标的信息量很少,对它的识别探测一直是红外目标探测的一个难点. 当红外图像的背景为较为复杂的云背景时,云区的干扰会影响虚警率,而且在后续的数据关联处理中很难将移动云区中的虚警点滤除. 本文提出的基于光流估计和背景抑制的弱小目标检测算法自适应地抑制了背景的干扰,显著降低了虚警率,同时也使计算量降低,实验证明该算法行之有效.

### 参考文献

- [1] 管志强. 红外搜索系统中目标探测与识别技术研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2009.
- [2] GUAN Zhi-qiang, CHEN Qian, QIAN Wei-xian, et al. Adaptive background adjusting algorithm for dim target detection[J]. *Acta Optica Sinica*, 2007, **27**(12): 2163-2168. 管志强, 陈钱, 钱惟贤, 等. 一种背景自适应调整的弱目标探测算法[J]. *光学学报*, 2007, **27**(12): 2163-2168.

- [3] LI Meng, ZHANG Tian-xu, YANG Wei-dong. Moving weak point target detection and estimation with three-dimensional double directional filter in IR cluttered background[J]. *Optical Engineering*, 2005, **44**(10): 107007.
- [4] LI Meng, ZHANG Tian-xu, YANG Wei-dong, et al. Three-dimensional double directional filter for tracking and detecting moving dim weak target[C]. *SPIE*, 2005, **6044**: 60441F.
- [5] CONG Yang, TANG Yang-dong. Research on video object tracking method based on optical flow and target matching[J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2006, **35**(Sup 4): 312-315. 丛杨, 唐延东. 基于光流方程和目标匹配的视频图像目标跟踪方法[J]. *红外与激光工程*, 2006, **35**(Sup 4): 312-315.
- [6] YIN Yong, LIU Xi-fu. Face detection and prediction technology based on video surveillance [J]. *Journal of Chongqing University*, 2008, **31**(7): 786-791. 印勇, 刘西富. 视频序列对称差分法检测与预测人脸技术[J]. *重庆大学学报*, 2008, **31**(7): 786-791.
- [7] LI Ping, DING Xue-feng. Self-adapting background restoration differ subtraction arithmetic [J]. *Journal of Changchun University of Science and Technology (Natural Science Edition)*, 2007, **30**(4): 111-112. 李平, 丁雪枫. 自适应背景恢复差减算法[J]. *长春理工大学学报(自然科学版)*, 2007, **30**(4): 111-112.
- [8] LUO Huan, WANG Fang, CHEN Zhong-qi, et al. Infrared Target Detecting based on symmetrical displaced frame difference and optical flow estimation[J]. *Acta Optica Sinica*, 2010, **30**(6): 1715-1720.

- 罗寰,王芳,陈中起,等. 基于对称差分 and 光流估计的红外弱小目标检测[J]. 光学学报, 2010, **30**(6):1715-1720.
- [9] QU You-shan, TIAN Wei-jian, LI Ying-cai. The moving target detecting based on the parallelable discontinuous frame difference optical flow field integrated with gray intensity analysis[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2003, **32**(2):182-186.  
屈有山,田维坚,李英才. 基于并行隔帧差分光流场与灰度分析综合算法的运动目标检测[J]. 光子学报, 2003, **32**(2):182-186.
- [10] HUANG Shi-ke, TAO Lin, ZHANG Tian-xu. An improved algorithm of moving object detection based on optical flow [J]. *Journal of Huazhong University of Science and Technology(Nature Science Edition)*, 2005, **33**(5): 39-41.  
黄土科,陶琳,张天序. 一种改进的基于光流的运动目标检测方法[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2005, **33**(5): 39-41.
- [11] GU Jing-liang, ZHANG Wei, WAN Min. Faint targets detection based on gray morphological filtering and neighborhood entropy method[J]. *High Power Laser and Particle Beams*, 2004, **16**(12):1527-1530.  
顾静良,张卫,万敏. 基于灰度形态学和邻域熵值的弱小目标检测[J]. 强激光与粒子束, 2004, **16**(12):1527-1530.

## A Detection Algorithm for Dim and Small Infrared Target Based on the Optical Flow Estimation and the Adaptive Background Suppression

QIN Jian, CHEN Qian, QIAN Wei-xian

(Institute Ministerial Key Laboratory of JGMT, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

**Abstract:** In connection with the infrared target detecting under complex cloud backgrounds, a small target detection algorithm based on the optical flow estimation and adaptive was put forward. Firstly, the infrared image under cloud backgrounds was analyzed based on the optical flow and the cloud movement was extracted. The traditional gradient-based optical flow was proved based on the characteristics of cloud movement and the two constraints of the optical flow equation in the calculation of optical flow. And, it was found that the cloud movement had a greater impact on the target detection, the algorithm of adaptive suppress the complex backgrounds was introduced to reduce the interference of the cloud, the background factors on behalf of background complexity was used to adjust the threshold in the cloud region extracted in the optical flow analysis. In this way, the background suppression was produced in the cloud movements. It would easily cause false alarm and the algorithm simply the calculation, and reduce the influence of the cloud and the false alarm. Experimental results show that this algorithm can detect small targets and significantly reduce the false alarm caused by the cloud area.

**Key words:** Image processing; Infrared technique; Target detection; Optical flow estimation; Background suppression