

283-286

# 红外警戒系统小目标实时检测方法\*

陈朝阳

(华中理工大学图像信息处理与智能控制国家教委开放实验室, 湖北, 武汉, 430074)

张桂林

(华中理工大学图像识别与人工智能研究所, 湖北, 武汉, 430074)

TN215

**摘要** 研究了一种用于红外警戒系统的小目标检测新方法, 考虑实际检测图像中的目标具有低对比度、小尺寸和运动连续性以及背景包含复杂的地面场景等特点, 该方法以序列图像中的连续三帧为一组进行对称差分运算, 既保证了系统要求的目标检测概率和虚警率指标, 又便于硬件的实时实现. 本文详细讨论了该算法的软、硬件实现原理, 并进行了实时性分析.

**关键词** 红外警戒系统, 小目标检测, 差分图像, 实时处理.

## 引言

红外警戒系统(简称 IRGS)被动地探测来袭的飞机和导弹, 是现代高科技电子战的重要武器. 整个系统一般由红外成像探测器、图像处理器和随动稳定装置等三部分组成. 其工作过程为: 支撑转台带动红外镜头作全方位、大俯仰范围扫描; 在一个扫描周期中, 转台停顿数次, 成像传感器采集数帧背景固定而目标运动的远距离场景图像, 图像处理器接收到目标/背景视频图像后, 实时探测场景中的目标, 若探测到目标, 则输出目标角偏差, 并让光机装置停顿, 若没有探测到目标, 则输出控制指令让光机装置继续转动扫描. 在整个系统中, 具有抗复杂背景的小目标实时检测能力的图像处理器是保证整个系统的目标检测概率和虚警率指标的关键.

## 1 目标/背景特点

IRGS 获取的图像是低对比度、低信噪比的弱目标图像. 目标灰度值可能大于、也可能小于背景灰度值, 因此 IRGS 获取的图像可能既包含亮目标又包含暗目标.

IRGS 面对的背景成分复杂, 有云层、太阳闪光、地表、人工建筑物以及敌方的干扰源等, 各种辐射源都可能出现在视场中, 这就要求 IRGS 的目标检测算法具有抗复杂背景的能力. 另外, 考虑 IRGS 在停顿期间采集的数帧远距离场景图像具有背景固定的特点, 图像处理器可以采用差分图像的方法检测背景固定的运动目标.

IRGS 获取目标图像的最小像素尺寸为  $4 \times 2$ , 相邻两帧图像中运动目标的最大位移距离为 7 像素左右, 这说明了目标具有尺寸小和运动轨迹连续、平滑的特点.

\* 国防科工委预研基金(编号: 94J1A. 4. 1. JW05)资助项目  
稿件收到日期 1997-11-24, 修改稿收到日期 1998-03-17

由于目标/背景的以上特点,IRGS 图像处理器采用了基于图像对称差分运算的小目标序列图像检测方法,检测远距离复杂场景图像中的小目标.

## 2 基于对称差分法的小目标序列图像检测方法

### 2.1 IRGS 小目标检测系统结构

IRGS 的小目标检测方法由对称图像差分模块和二值图像标记模块两部分实现(见图 1).二值图像标记模块接受到对称图像差分模块输出的二值序列图像后,能实时地输出每帧图像中的目标坐标,并具有去除虚警目标的能力,其软、硬件实现原理见文献[1].

本文着重论述对称图像差分模块的软、硬件实现原理.对称图像差分模块采用通用数字信号处理器(DSP)加专用图像处理模块的体系结构,整个算法由硬件操作和软件计算两个层次合理地配合实现,硬件模块完成大量重复的底层运算操作,DSP 完成硬件模块底层运算的综合和数值计算.

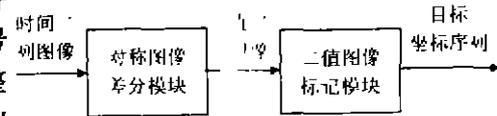


图 1 IRGS 小目标实时检测方法

Fig. 1 Real-time method for small target detection of IRGS

### 2.2 对称图像差分算法描述

$t_k$ 、 $t_{k+1}$ 和  $t_{k+2}$ 时刻的连续三帧序列图像为  $f(x, y, t_k)$ 、 $f(x, y, t_{k+1})$ 和  $f(x, y, t_{k+2})$ ,  $x, y$  表示单帧图像中每个像素的位置坐标.

(1) 计算相邻两帧图像之间的绝对差图像  $g(x, y, t_k) = |f(x, y, t_{k+1}) - f(x, y, t_k)|$ ,  $g(x, y, t_{k+1}) = |f(x, y, t_{k+2}) - f(x, y, t_{k+1})|$ .

(2) 分别对  $g(x, y, t_k)$ 和  $g(x, y, t_{k+1})$ 进行  $m \times m$  的均值滤波,得到  $mg(x, y, t_k)$ 和  $mg(x, y, t_{k+1})$ .这里  $m$  的大小可取估计目标尺寸的大小.当检测目标的最小像素尺寸为  $4 \times 2$  时,  $m$  取为 3.

(3) 对灰度像  $mg(x, y, t_k)$ 和  $mg(x, y, t_{k+1})$ 进行最大熵的自动门限分割<sup>[2]</sup>,得到二值图像  $b(x, y, t_k)$ 和  $b(x, y, t_{k+1})$ .

(4) 对二值图像  $b(x, y, t_k)$ 和  $b(x, y, t_{k+1})$ 进行对应像素间的“与”操作,并进行目标的面积滤波后处理,得到  $t_{k+1}$ 时刻的二值分割像.

(5) 待  $t_{k+3}$ 时刻的图像  $f(x, y, t_{k+3})$ 到来,重复步骤(1)~(4),可以计算出  $t_{k+2}$ 时刻的二值分割像.

### 2.3 对称图像差分法的实现

对称图像差分模块的软、硬件实现原理见图 2,其中,  $\alpha$  为图像像素个数,  $hh(i)$  为累加灰度直方图,  $h(i)$  为灰度直方图.虚线框内为最大熵分割的硬件部分电路,最终门限由 DSP 软件计算完成,并送至门限寄存器供实时图像分割用,其中两处查表由 EPROM 实现,表内容预先计算好写入存储器中,相关输入数据对存储器寻址,地址对应单元内容即为计算结果.累加灰度直方图可由灰度直方图累加求和得到.累加求和电路由加法器和寄存器构成.两处帧存储器可采用视频存储器件组成,每行扫描逆程并行输出一行数据至缓冲器内,然后随时钟脉冲串行移出图像数据,与输入的数据进行规定的运算,并将新的输入数据写入帧存.绝对差电路由加法器、反相器和异或门组成.灰度直方图统计模块、均值滤波器和面积滤波器电路都已有实用电路<sup>[3]</sup>.

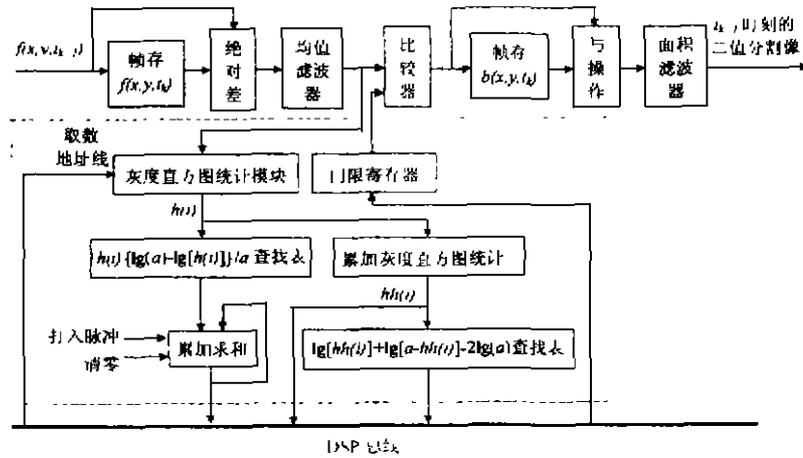


图 2 对称差分法模块

Fig. 2 Module of image symmetry difference

### 3 实时性分析

IRGS 工作的时间流程如图 3 所示。

系统按转台转动情况分为转动和静止两种状态,在转台静止稳定期间,硬件模块采集图像并进行处理,处理图像数据都是以 IRGS 成像制式扫描速率实时完成,即采样过程中同时进行图像处理.这种处理基本上以扫描场作为时间单位完成一幅画面的处理工作,不占用其它时间. DSP 的主要工作是最大熵分割门限的最终计算和标记电路的数据整理,以及目标检测结果的分析. IRGS 图像分辨率为每场  $512 \times 256$ , IRGS 成像制式每场 20ms,扫描行数为 312 行,无效行为 56 行,总占用时间为 3.584ms,相当于场扫描逆程延长. DSP 计算机指令周期按最大的 100ns 计算,在场扫描逆程的 3.584ms 期间可以执行 35840 条指令,这足以完成所有计算任务,即使有部分多余指令,工作也不会引起超时.

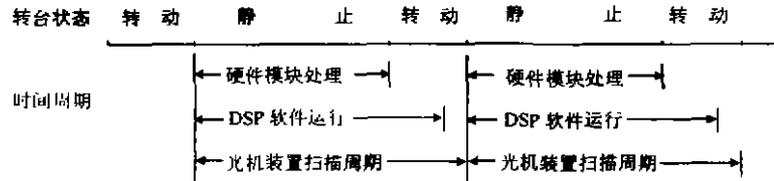


图 3 IRGS 工作时间流程图

Fig. 3 Flow chart of work time of IRGS

图像的对称差分运算是在一个序列图像中以连续三帧为一组进行的.因此,除第一帧图像外,一个序列图像的以后各帧都可以通过本文设计的流水线结构的小目标序列图像检测方法实时地得到目标检测结果.

## REFERENCES

- 1 ZHANG Gui-Ling, CHEN Yi-Xing, LI Qiang, *et al.* *Journal of Huazhong University of Science and Technology*(张桂林, 陈益新, 李强等, 华中理工大学学报), 1994, 22(5): 11~14.
- 2 Kaput J N. *CVGIP*, 1985, 29(1): 273~285
- 3 ZHANG Gui-Ling, CAO Wei-Xuan, LI Qiang, *et al.* *Journal of Huazhong University of Science and Technology*(张桂林, 曹伟焯, 李强等, 华中理工大学学报), 1994, 22(5): 36~41

## A REAL-TIME METHOD FOR SMALL TARGET DETECTION OF IR GUARD SYSTEM \*

CHEN Zhao-Yang

(Laboratory of State Education Committee for Image Information Processing  
and Intelligence Control, HUST, Wuhan, Hubei 430074, China)

ZHANG Gui-Lin

(Institute for Pattern Recognition & Artificial Intelligence, HUST, Wuhan, Hubei 430074, China)

**Abstract** A new method for small target detection of IR guard system was investigated. According to the environmental characteristics of low contrast, small size, continuously moving target, and the complex background scene, the symmetry difference operation was done in the three frames of image sequences to guarantee the probability of target detecting and probability of false alarming required by the system and real-time implementation of hardwares. The software and hardware implementing principle of this algorithm was offered, and the analysis of real-time processing was given.

**Key words** IR guard system, small target detection, image of difference, real-time processing.

---

\* The project supported by the Preliminary Research Foundation of National Defense Science and Industry Committee.

Received 1997-11-24, revised 1998-03-17