

图像抖动条件下跟踪数据的处理技术

杨卫平, 李吉成, 沈振康

(长沙国防科技大学 ATR 国防科技重点实验室, 湖南长沙 410073)

摘要: 由于导引头在飞行过程中不可避免地存在着抖动, 这给低信噪比条件下的信息处理带来了很大困难, 为此, 本文针对图像抖动情况下目标的跟踪进行了讨论, 提出了抖动情况下跟踪数据的处理方法, 可有效地定位目标, 使不经稳象就可对抖动图像进行处理成为可能, 大大降低了系统的设计成本, 缩短了设计周期。

关键词: 抖动; 数据处理; 目标跟踪; 稳象

中图分类号: TN953 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2001) 09-1195-03

Tracking Data Processing Technique in Condition of Image Dithering

YANG Wei-ping, LI Ji-cheng, SHEN Zhen-kang

(ATR Key Laboratory, National University of Defense Technology, Changsha, Hunan 410073, China)

Abstract: Because dithering exists inevitably while missile flying, there are heavy difficulties in information processing at low SNR. Therefore, the paper presents a new method for tracking data processing in image under dithering. The method can locate the targets effectively, so it is possible for dithering image processing without stabilizing images. It can greatly reduce the system's designing costs and shorten the designing period.

Key words: dithering; data processing; target tracking; stabilizing image

1 引言

目前在国内末制导信息处理方案中, 为了克服平台不稳定给信息处理带来的困难, 在信息处理流程中设置了一个稳象处理模块. 然而, 我们知道, 要实现稳象处理, 首先要求平台具有很高的测角精度. 另一方面, 经过稳象处理的图像, 由于量化的原因, 稳象精度只能达到 1 个像素左右, 这对低信噪比条件下的信息处理来讲, 无疑是杯水车薪. 为此, 我们针对这个问题进行了深入的分析论证, 提出了不经稳象处理的解决方案, 从而放松了对系统平台稳定度的要求, 且跟踪精度可小于 1 个像素, 换言之, 达到了亚像素的量级. 因此, 这种方法不仅降低了成本, 减小了工程实现的难度, 而且有更高的精度. 下面就对此展开讨论.

2 抖动情况下跟踪数据处理的机理

由于凝视红外成像仪具有高帧频的特点, 因此短时间内可以认为目标是做直线运动的. 由于稳象处理所要求的技术难度比较大, 且成本较高, 如果在抖动幅度不是很大, 比如说抖动幅度为整个视场的 1/30 ~ 1/15 时, 则不经稳象处理若能将目标检测出来^[2,3]并实施有效跟踪, 那将是一种最佳选择. 正是在这种情况下, 我们对该问题进行了探讨, 具体分析如下:

如图 1 所示的几个序列的目标跟踪轨迹, 由于未经稳象处理, 跟踪轨迹与实际轨迹将有一定的偏差. 从图中可以看出, 由于抖动是随机的, 加上目标本身的运动, 反映出来的轨迹会出现各种各样的形状, 但有一点是共同的, 那就是目标的运动总是以某一条直线为轴, 而目标的实际轨迹就落在这条直线上. 所以, 现在的问题就是如何找到这条直线, 并确定每一帧图像中目标所对应的位置.

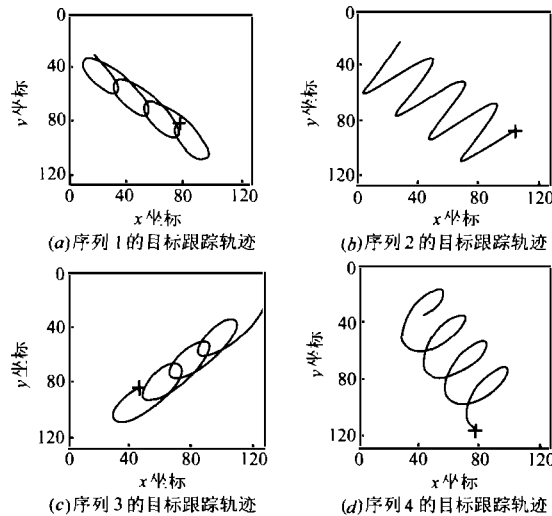


图 1 抖动存在条件下的目标跟踪轨迹

注: 其中“+”标记的是最后的位置

收稿日期: 2000-07-13; 修回日期: 2001-12-29

基金项目: 长沙国防科技大学预研基金 (No. KD-g-70)

我们知道,目标的抖动现象是周期性的.因而首要的问题是找到周期 T ,然后再去分析目标的运动规律,直至找到运动参数时为止.

为了求得周期 T ,就必须以牺牲一个抖动周期为代价.方法是通过被跟踪目标轨迹上某一时刻位置的斜率 k (采用相邻的 N 个象素位置)来判断是否已经形成一个周期.斜率 k 的计算采用的是数据拟合法^[1],

$$k = \frac{\sum_{i=1}^N [y(i) - \bar{y}]^2}{\sum_{i=1}^N [y(i) - \bar{y}][x(i) - \bar{x}]} \quad (1)$$

其中, \bar{x}, \bar{y} 分别为 N 个象素 x, y 坐标的均值.一般地,我们将 N 取为 3. 假设第 L 帧时所得到的斜率 k^L (经过两个极大值 (10 以上) 和两个极小值 (-10 以下), 如图 2 所示各轨迹的斜率曲线), 与第一帧时所得到的斜率 k^1 大小接近 (两者之差最小), 则认为抖动周期 $\hat{T} = L$. 具体实现流程如下:

(1) 清标志寄存器 flag, 设定最大值 $\max = 0$ 和最小值 $\min = 255$, 并利用式(1)计算各点的斜率.

(2) 如果 $k' > k^1$, 则通过比较 $|k' - k^1|$ 的值来找极大值, 若 $|k' - k^1| > \max$, 则 $\max = |k' - k^1|; i = i + 1$. 如果 $k' < k^1$, 则通过比较 $|k' - k^1|$ 的值来找极小值, 若 $|k' - k^1| < \min$, 则 $\min = |k' - k^1|; i = i + 1$.

(3) 如果 $\max > 10$ 或 $\min < -10$, 则 $\text{flag} = \text{flag} + 1, i = i + 1$. 若 $\text{flag} < 4$, 则继续步骤(2).

(4) 当 $\text{flag} > 4$ 时, 寻找使 $|k' - k^1|$ 最小的 k' 值, 假设当 i 取某一个 $i^* = L$ 时, $|k' - k^1|$ 值达到最小, 则认为抖动周期 $T = i^* = L$.

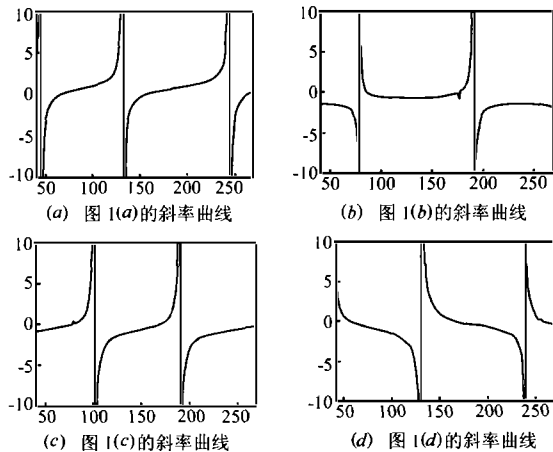


图 2 图 1 轨迹所对应的斜率曲线

由于抖动一般符合正弦或余弦规律, 所以, 可以假定目标在抖动情况下的运动方程 (考虑最简单的情况, 目标在做速度为 v 的匀速直线运动, 视线方向的抖动由于相比目标的接近速度而言可以忽略, 因而在此也不予考虑) 为:

$$x(t) = x_0 + v_x t + A_x \cos(2\pi t/T + \phi_{x0}) \quad (2)$$

$$y(t) = y_0 + v_y t + A_y \cos(2\pi t/T + \phi_{y0}), t = 0, 1, \dots, T-1 \quad (3)$$

其中 A_x, A_y 分别为图像 x, y 方向抖动的最大幅度, ϕ_{x0}, ϕ_{y0} 分别为 x, y 方向抖动的初相位, x_0, y_0 分别为开始进行数据

分析时第一个目标象素所对应的真正的 x, y 坐标值, v_x, v_y 分别为目标在 x, y 方向做匀速运动的速度分量.

由于跟踪位置已知, 我们将 L 个跟踪位置 (一个周期 T) 求和平均, 即

$$\begin{aligned} x_r &= \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} x(t) = \frac{1}{T} [x_0 T + \sum_{t=0}^{T-1} v_x t + \sum_{t=0}^{T-1} A_x \cos(2\pi t/T + \phi_{x0})] \\ &= x_0 + \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} v_x t \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} y_r &= \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} y(t) = \frac{1}{T} [y_0 T + \sum_{t=0}^{T-1} v_y t + \sum_{t=0}^{T-1} A_y \cos(2\pi t/T + \phi_{y0})] \\ &= y_0 + \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} v_y t \end{aligned} \quad (5)$$

可以看出, x_r, y_r 处在去除了抖动的真实目标轨迹上. 当第 $T + 1$ 个数据得到时, 若注意到,

$$x(T) = x_0 + v_x T + A_x \cos(2\pi T/T + \phi_{x0}) = x_0 + v_x T + A_x \cos \phi_{x0} \quad (6)$$

$$x(0) = x_0 + A_x \cos \phi_{x0} \quad (7)$$

则式(6)与(7)两式相减, 得

$$x(T) - x(0) = v_x T$$

从而可得到目标在 x 坐标方向上的速度分量 v_x ,

$$v_x = [x(T) - x(0)]/T \quad (8)$$

同理, y 坐标方向上的速度分量 v_y 为,

$$v_y = [y(T) - y(0)]/T \quad (9)$$

在求出了目标在 x, y 方向的速度分量之后, 从式(4)和式(5)就可以求得目标起始位置的真实坐标 (x_0, y_0) 为:

$$x_0 = x_r - \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} v_x t = x_r - \frac{1}{2} v_x (T-1) \quad (10)$$

$$y_0 = y_r - \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} v_y t = y_r - \frac{1}{2} v_y (T-1) \quad (11)$$

经过上述一系列的分析, 除了抖动幅度及初始相位尚未求得以外, 其它参数均已获得. 这时, 我们只要找到使式(2)和式(3)中余弦项为最大值的时刻, 换句话说, 就是分别找到使 $x(t) - x_0 - v_x t$ 和 $y(t) - y_0 - v_y t$ 最大的时刻, 那么将此时的跟踪位置分别代入这两式, 就可分别求出图像 x, y 方向抖动的最大幅度 A_x, A_y , 进而就可求出 x, y 方向抖动的初相位 ϕ_{x0}, ϕ_{y0} .

假设当 $t = k$ 时式(2)中的余弦项为最大, 则有

$$A_x = x(k) - x_0 - v_x k \quad (12)$$

$$\phi_{x0} = \arccos 1 - 2\pi k/T = -2\pi k/T \quad (13)$$

同样, 假设 $t = l$ 时式(3)中的余弦项为最大, 则有

$$A_y = y(l) - y_0 - v_y l \quad (14)$$

$$\phi_{y0} = \arccos 1 - 2\pi l/T = -2\pi l/T \quad (15)$$

至此, 式(2)和式(3)所示目标运动方程的参数全部求出, 于是我们可以得到目标的真实运动方程为

$$x_r(t) = x_0 + v_x t \quad (16)$$

$$y_r(t) = y_0 + v_y t, t = T, T+1, \dots \quad (17)$$

当目标进入第二个抖动周期时, 利用式(16)和式(17)便可实时给出目标不含抖动的真实目标位置, 而且这个位置的精度是亚象元级的.

3 抖动情况下跟踪数据的处理结果及分析

利用式(16)和式(17),图1中所示跟踪轨迹所对应的真实轨迹如图3中的直线所示;对应图1的目标抖动轨迹,我们将计算出来的参数示于表1中.从图中可以看出,目标在视场

中是做匀速直线运动的(这里模拟的是开环时的情况).从处理结果和上述推导过程可以得出如下结论:

(1)方法简单,易于实现,且具有较高的处理精度(亚像素级);

表1 图1目标轨迹的运动参数

序列	参数	T	x_0	y_0	v_x	v_y	A_x	A_y	ϕ_x	ϕ_y^*	T 的估计误差	跟踪起始帧
序列1		200	13.31	37.34	.1047	.0787	16.90	12.57	-1.26	-1.26	0	30
序列2		200	13.31	37.30	.1051	.0788	16.77	2.81	0.37	-1.26	0	30
序列3*		200	110.33	37.18	-.0890	.0800	16.96	6.71	0.03	-1.26	0	75
序列4		200	36.86	27.75	.0700	.0893	16.87	0.36	-1.20	-0.47	0	35

注:*号所标记的序列前面若干帧目标不在视场内;**号所指示的列中为弧度数.

(2)对平台的稳定性要求小,当目标静止不动时,上述方法可以用来测量平台的姿态变化;

(3)经处理所得到的参数(A_x, A_y, ϕ_x, ϕ_y),可作为稳象处理的依据,完成稳象功能;

(4)未制导信息处理流程可不加入稳象处理模块,用软件方法即可修正抖动影响,从而放松了系统设计的要求,降低了成本.

限,所得到的结果尚不具有广泛性;另外,当系统处于闭环控制情况下时,目标的运动将会很复杂,这是本文的研究尚未考虑的,同时这也是今后所要研究的方向之一.

参考文献:

- [1] 徐萃薇.计算方法引论[M].北京:高等教育出版社,1985年1月.
- [2] 杨卫平,沈振康,等.红外图像序列小目标检测预处理技术[A].红外与激光工程[C],1998,27(1):23-28.
- [3] 李智勇,沈振康,等.动态图像分析[M].北京:国防工业出版社,1999年8月.

作者简介:



杨卫平 男,1968年5月出生,陕西西安,讲师,1991年于西安空军电讯工程学院获硕士学位,1994年于国防科技大学获硕士学位,并留校任教,随后在职攻读博士,1998年获博士学位.参加国防预研,863-409等多项攻关项目的研究,获部委级科技进步奖四项,在国内外刊物和会议上发表论文近20篇,其中多篇被国际三大检索收录.主要研究兴趣为模式识别、图像信息处理、神经网络、图像压缩等.



李吉成 男,1970年6月出生,湖北邵阳,讲师,1992年于国防科技大学获学士学位,1995年获工学硕士学位,1998年获博士学位.参加国防预研,863-409等多项重点项目的研究,获部委级科技进步奖三项,已发表论文10多篇,多篇被国际三大检索收录.主要研究兴趣为图像处理、模式识别、神经网络、弱信号检测等.

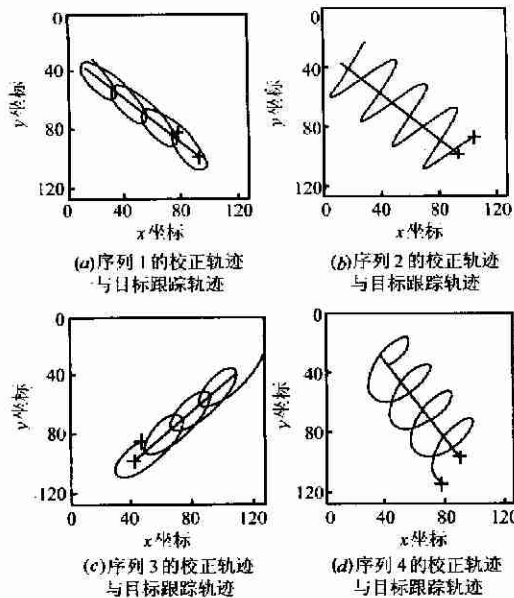


图3 抖动存在条件下校正轨迹与目标跟踪轨迹的比较
其中的直线轨迹为去除抖动后的轨迹,
“+”标记的是最后的位置

4 结束语

尽管本文的研究具有一定的成效,但由于运动模型的局