

基于标记和轨迹预测的多目标跟踪方法

A multi-target tracking method based on labeling and trajectory predictions

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;2.中国科学院研究生院 北京) 张会乔^{1,2} 李桂菊¹

ZHANG Hui-qiao LI Gui-ju

摘要: 在跟踪测量系统中,为了能够有效地分割近距离目标并解决多目标跟踪中目标运动轨迹交叉的问题,提出了一种多目标标号和目标运动轨迹预测相结合的方法。该方法利用目标标号实现对任意复杂形状目标之间的分割和测量,准确判断目标轨迹交叉的时机,同时在目标轨迹交叉阶段启动卡尔曼滤波器进行轨迹预测,保证目标分离后的重新捕获与跟踪。实验结果表明,该方法能有效地对任意形状的运动多目标进行选择 and 跟踪。

关键词: 多目标跟踪; 标记; 卡尔曼滤波; 轨迹交叉

中图分类号: TP391

文献标识码: A

Abstract: In measurement system, in order to effectively realizing the close target segmentation and the problem of crossing of multi-target tracking, an new approach based on targets marking and trajectory predictions is presented. The method realizes segment and measurement of arbitrary shape through target labeling, accurately judge the time for trajectory predictions, at the same time, activating kalman filtering. The experiment results show that it is efficient to choose and track the multi-target with arbitrary shapes.

Key words: multi-target tracking; labeling; kalman filtering; trajectory predictions.

1 引言

电视跟踪系统是目前靶场和武器装备大量采用的一种对目标精密跟踪的系统,它具有较高的稳定性、可靠性和抗干扰性,广泛应用于对目标的跟踪、测量和定位。现代技术的发展,对电视跟踪性能的要求越来越高,跟踪技术所解决的问题也越来越复杂。对空中运动多目标进行自动识别和跟踪测量是电视跟踪系统的一个关键技术。

空中多目标跟踪中两个重要的问题就是近距离目标的分割测量及目标轨迹交叉。在视场中,正在对一个目标进行跟踪,这时有另一个目标进入视场,两个目标继续运动进入同一处理区,为了能够对多目标进行跟踪测量,要求在两个目标距离很近,但没有碰上的情况下,不要把两个目标当成一个目标,目标分离后不要丢失和跟错目标。普通的重心法和窗口跟踪法无法区分两个近距离目标,会把两个目标当成一个目标处理,在目标互相远离时无法判断该跟踪哪个目标,造成错跟;目标轨迹交叉问题一直是多目标跟踪中研究的热点,目前针对轨迹交叉后目标的再区分和重新跟踪,最常用的方法是最小二乘曲线拟合,这种方法受噪声干扰严重,且二阶以上拟合由于曲线自身存在的曲率问题,拟合效果不理想。有人提出利用目标物体运动突变概率不大的特点,根据其运动速度及方向的连续性,进行统计分析选择最大概率的情况作为假设,但这种方法计算较复杂。

针对多目标跟踪中的这些问题,本文提出了一种多目标自

动标记、特征跟踪和卡尔曼滤波相结合的方法。

2 目标跟踪算法

该算法主要分为三大模块,图像预处理模块,目标自动标记及特征量提取模块和多目标跟踪模块。

(1) 图像预处理模块的功能是对图像进行运动目标检测,噪声消除,得到理想的二值化图像;

(2) 目标自动标记及特征量提取模块是对二值图像标号,标号的同时计算目标的质心位置,面积,周长等特征量;

(3) 多目标跟踪模块就是对序列图像中的多个目标进行特征跟踪,近距离目标的分割测量和目标轨迹交叉的情况都是在这一模块进行处理。算法的基本流程如图1所示:

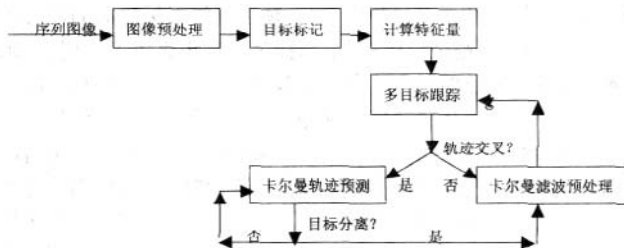


图1 算法基本流程图

2.1 多目标标记方法及目标特征量提取

目标标记是在当前帧图像二值化之后对各个目标进行自动识别。识别的方法是在图像中寻找连通区域,彼此相连的目标点属于同一个目标,各个不同的连通区域对应不同的目标。通过自动标记过程可以得到目标的个数,各目标的位置、面积、周长和轮廓等目标特征信息,从而在后序处理过程中利用这些信息来保证跟踪性能的可靠性。

目标标记首先要对二值图像进行扫描,在扫描过程中对于二值图像中任一点P,其上点和左点必然是已经标记过的点,对

张会乔: 硕士研究生

基金项目: 应用光学国家重点实验室开放基金资助项目

项目名称: 大视场凝视图像的弱小目标探测研究(06133FQ063)

颁发部门: 国家科技部

P点加标记的方法是由左点和上点来确定的,主要有以下几种情况:(1)当左前一点和上一点皆为背景点,则P点是新的目标的起点,赋予该点新的标号;(2)若两点中有一点是背景点,另一点已赋了标号,则P点与该点标号相同;(3)若两点都已经赋了标号,但标号不相等,就把较小的标号赋给P点,并令这两个相邻点的标号相同。这样第一次扫描后所有物体上皆已加标记,但是这时图像中的同一物体可能有几种不同的标记,因此需要第二次扫描来把同一物体上标记统一起来。目标标号从1开始递增,最后一个目标的标号就是一幅图像中目标的个数。标记后每个目标的像素值就是该目标的标号。程序实现时,在标记过程中设置不同的数组,分别存放各个目标像素的个数、坐标、判断并记录目标边缘像素坐标,这样在标记的同时就可以得到各个目标的特征信息。

目标的面积就是目标所有像素的总和,对于区域R来说,设正方形像素的边长为单位像素,则公式为:

$$A = \sum_{(x,y) \in R} 1 \quad (1)$$

区域重心是一种全局描述符,它是目标相对稳定的特征量,其公式为:

$$\bar{x} = \frac{1}{A} \sum_{(x,y) \in R} x; \quad \bar{y} = \frac{1}{A} \sum_{(x,y) \in R} y \quad (2)$$

目标的周长就是目标轮廓边缘像素之和,计算目标周长最常用的方法就是目标轮廓提取法和边界跟踪法;

图像经过标记处理后,就可以知道图像中每个像素的归属区域,就可以根据公式计算不同前景区域的目标的特征量。

由于目标标号过程具体到每个像素,所以对于任意形状复杂,目标之间距离很近的情况都能有效地分割目标并准确计算其特征量。

2.2 多目标跟踪

利用目标本身的特征量对目标进行跟踪,在目标跟踪过程中,经常会遇到两个目标遭遇又分开的情况,由于目标轨迹交叉,目标位置发生改变,标号也会发生变化。这时,为了能维持标号的连续性,及时解决轨迹交叉后的失跟问题,本文利用卡尔曼滤波器预测目标的运动轨迹。

我们根据目标之间的距离确定卡尔曼滤波器预处理和交叉处理的时机。实际应用中,根据目标的大小,规定一距离常数D,而且在目标的运动过程中,每一帧都计算目标之间的质心距离M,并和上一帧进行比较。当目标之间的距离大于D时,卡尔曼滤波器做预处理。在预处理过程当中,选定标号的目标的质心位置作为卡尔曼滤波器的观测输入,而滤波器得到的最优滤波估值不向质心跟踪反馈,即只是利用标号和质心位置进行跟踪,卡尔曼滤波器的数据随着更新,但不做输出。当M由小变大时,卡尔曼滤波器做轨迹交叉处理。在轨迹交叉处理时,卡尔曼滤波器不再将目标的质心位置作为滤波器的输入,而是将差值置零,即令观测估计和实际观测之间的误差为零,这样滤波器的输出就依赖于目标状态模型的递推,发挥预测的作用,保证轨迹交叉后仍然能准确跟踪原来的目标。

我们用目标的位置、速度和加速度来描述它每一时刻的状态。在空中多目标跟踪过程中,由于相邻k帧图像时间间隔比较短,所以目标运动状态变化较小,这时可以假设目标在单位时间间隔内近似匀速运动。在这里,定义卡尔曼滤波器系统状态为 x_k :

$$x_k = [x_{mk}, y_{mk}, v_{xk}, v_{yk}, a_{xk}, a_{yk}]^T \quad (3)$$

其中 x_{mk} , y_{mk} 为目标的质心位置, v_{xk} , v_{yk} 为目标在x和y方向上的速度, a_{xk} , a_{yk} 为目标的加速度。因此可得状态方程:

$$x_k = Ax_{k-1} + w_{k-1} \quad (4)$$

式中,A为从 t_{k-1} 时刻到t时刻的状态转移矩阵,由于目标在单位时间间隔内是匀速运动,故定义状态转移矩阵为:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \Delta t & 0 & (\Delta t)^2/2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \Delta t & 0 & (\Delta t)^2/2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \Delta t & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \Delta t \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Δt 表示连续两帧图像间的时间间隔。

w_{k-1} 是 t_{k-1} 时刻状态的随机干扰白噪声的随机向量,它是均值为零的高斯噪声序列,其协方差矩阵为:

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

在图像上我们只观测目标的位置,定义观测状态向量为: z_k

$$z_k = [x_{mk}, y_{mk}]^T \quad (5)$$

观测方程为: $z_k = Hx_k + v_k$ (6)

H是观测矩阵, v_k 是观测噪声向量。因为在跟踪中,我们只观测到目标的位置,所以H为:

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

v_k 也是零均值的高斯噪声序列,其协方差矩阵为: $R = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ 那么,用于目标跟踪预测的卡尔曼滤波算法如下:

由状态向量k-1时刻的估计值,根据状态方程得到它k时刻的预测值:

$$\hat{x}_k' = A\hat{x}_{k-1} \quad (7)$$

预测误差协方差矩阵为: $P_k' = AP_{k-1}A^T + Q$ (8)

卡尔曼最优滤波增益系数方程: $K_k = P_k'H^T(HP_k'H^T + R)^{-1}$ (9)

状态向量最优滤波估值为: $\hat{x}_k = \hat{x}_k' + K_k(z_k - H\hat{x}_k')$ (10)

误差协方差修正方程: $P_k = (I - K_kH)P_k'$ (11)

其中, z_k 是利用标记方法求得的目标的质心位置, $z_k - H\hat{x}_k'$ 为差值,在目标轨迹交叉时将 $z_k - H\hat{x}_k'$ 置零,则 $\hat{x}_k = A\hat{x}_{k-1}$ (12)

3 实验结果及分析

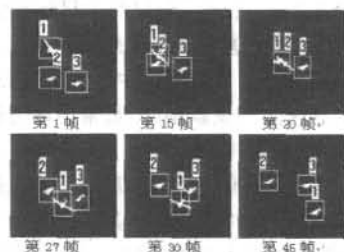


图2 跟踪的图像序列

对一组多目标飞机图像进行了试验,图像的分辨率为71×71像素,跟踪框的大小为20×20,算法用VC++编程实现。如图2所示,该组图像是二值化处理后的效果,处理后背景是黑色,飞机是标记后的结果。在第1帧中确定了跟踪目标,在随后的一组图像中,目标1和目标2发生了轨迹交叉。由图可以看出,目标轨迹交叉又分开后,能够准确地重新捕获目标并进行跟踪。

踪,对于目标之间距离很近的情况,也能够有效地分割和识别目标,同时图像中各个目标的标号在其生存周期中保持不变。

4 结束语

本文提出了一种基于标记和轨迹预测的多目标跟踪方法。实验结果表明利用该方法可以快速有效地对任意形状的运动多目标进行测量和识别跟踪。通过维持视场中目标的标号在目标生存周期内不变,实现了对各个目标的有效分割,提高了提取目标特征量的准确度和实时性;提出了判断目标轨迹预测时机的新方法,解决了多目标跟踪中经常出现的目标轨迹交叉问题,降低了跟错和跟丢目标的可能性。

本文作者创新点:本文把目标标记和卡尔曼滤波结合起来,应用于多目标跟踪测量系统中。通过目标标号对多目标进行分割测量,克服了普通重心跟踪方法把两个近距离目标当成一个目标的缺点;引入三状态卡尔曼滤波模型对目标进行轨迹预测,提出了判断卡尔曼滤波器预处理和交叉处理时机的新方法,把卡尔曼滤波器预处理和预测有效结合起来,具有很好的预测精度和稳定性。项目经济效益约 60 万元,数据来源于靶场实验,研究方法:根据实验数据,查阅学习相关资料,寻找合适的算法,在试验室经过编程调试验证算法的准确性,并应用到实际中。

参考文献

- [1]彭先蓉.电视多目标跟踪测量技术的研究[D].电子科技大学. 17-19.
 - [2]贾瑞明,张弘,李靖华.拟合修正 kalman 滤波在弱小目标跟踪中的应用[J].激光与红外. 2005,12-35:974-977.
 - [3]谭炽烈.多目标运动轨迹跟踪算法及 DSP 的实现[D].浙江大学. 2006:46-48.
 - [4]吴炯,张秀彬.移动目标的快速识别算法[J].微计算机信息, 2004,20-3:27-28.
 - [5]任晓伟,李晋惠,梁向阳.一种空中多目标形心跟踪方法[J].西安工业学院学报. 2004,24-4:345-346.
 - [6]杨淑莹,边莫英.VC++图像处理程序设计[M].北京:清华大学出版社,北京交通大学出版社. 2005:81-107.
 - [7]DAN SIMON. Kalman Filtering [J]. Embedded Systems Programming. 2001:72-79.
- 作者简介:张会乔(1981.10-),女,河北人,汉族。中科院长春光学精密机械与物理研究所硕士研究生,研究方向:数字图像处理,多目标跟踪;李桂菊,女,吉林省人,汉族,中科院长春光学精密机械与物理研究所,研究员。主要从事数字图像处理方面的研究。 Biography:ZHANG Hui-qiao (1981.10-), female, HeBei Province, Han nationality. Master, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, changchun, China.
- (130033 吉林长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 张会乔 李桂菊
- (100039 北京 中国科学院研究生院)张会乔
- (ChangChun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, ChangChun 130033, China; Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China) ZHANG Hui-qiao LI Gui-ju
- 通讯地址:(130033 吉林 吉林省长春市经济技术开发区东南湖大路 16 号长春光机所图像室 1316 室) 张会乔
- (收稿日期:2008.6.3)(修稿日期:2008.8.5)

(上接第 246 页)

5 结语

XML 的最大特点就是允许使用者可以根据自己的需要来定义元素标识。本文根据实际情况自行定义了银行和保险公司间数据交换的标准,并设计了基于 XML 的多银行多协议分析转换模块,实现了一家保险公司系统与多家银行系统间的数据交换,最终完成了保险公司与多家银行间的业务往来。总而言之,基于 XML 技术的数据集成与交换是银保通系统成为一个跨地区跨机构的业务系统的核心基础。

本文作者创新点:利用 XML 技术,设计了不同类型金融机构间信息交换模型,很好的解决了异构平台及不同数据库间的数据交换问题,对银保通系统所存在的数据交换瓶颈问题的解决有很好的应用价值。

参考文献

- [1]周虹.电子支付与网络银行.北京:中国人民大学出版社. 2006
 - [2]陈明.网络协议教程.北京:清华大学出版社. 2005
 - [3]Priscilla Walmsley 著,陈维军等译.XML 模式权威教程.北京:清华大学出版社. 2003
 - [4]柳翠寅,韩敏,袁继敏.基于 XML 的跨平台数据安全交换.微计算机信息. 2007,11-3:35-37
 - [5]Elliott Rusty Harold 著,刘文红译.JAVA 语言与 XML 处理教程(SAX DOM JDOM JAXP 与 TRAX 指南).北京:电子工业出版社. 2003
- 作者简介:牛勇(1976-),男(汉),西宁,青海大学财经学院,讲师,硕士,主要从事管理信息系统研究。 Biography:NIU Yong (1976-), male (Han Nationality), Xining, College of Financial and Economics, Qinghai University, Lecturer & Master, Research area: Management Information System. (810001 青海西宁 青海大学财经学院) 牛勇
- (College of Financial and Economics, Qinghai University, Xining 810001, China) NIU Yong
- 通讯地址:(810008 青海大学财经学院信息管理系) 牛勇

(投稿日期:2008.6.3)(修稿日期:2008.8.5)

《PLC技术应用200例》

PLC(可编程序控制器)广泛地应用在冶金、机械、机器人、石油化工、电力传动、纺织机械、注塑机、包装机械、印刷机械、造纸机械、机床、自来水厂、污水处理、煤矿机械、焊接机器、榨糖机械、制烟机械、工程机械、水泥机械、玻璃机械、食品机械、灌装机械、橡胶机械、船舶、铁路、窑炉、车辆、智能建筑、电梯控制、中央空调控制、大型医疗机械、起重卷扬机械、大坝闸门、大型泵站……。

各行各业机械工程师,电气设备工程师,高级技工都需要具备 PLC 的知识,才能做好本职工作。本书汇集 200 多个硬 PLC 和软 PLC 在各行业的应用实例,PLC 故障诊断实例,PLC 抗干扰措施,PLC 使用经验、PLC 技术发展,均在本书之中论述。

本书适合大专院校机械类、电气类、电力类、自动控制 and 自动化类专业的本科、研究生做毕业设计参考,同时适合老师进行教学、搞科研项目参考。本书是上述各行业的工程技术人员,技术工人的必备参考书,同时也是工厂和科研单位的技术领导,设备采购负责人的参考书。凡具备高中以上文化水平的人均可成为读者。

200 多个西门子、三菱、美国通用电气、施耐德、欧姆龙、罗克韦尔、松下电器、和泉……等 PLC 应用实例,任您选读。一技之长,改变人生。

大 16 开,每册定价 110 元(含邮费)。预购者请将书款及邮资费通过邮局汇款至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室

微计算机信息 邮编:100081

电话:010-62132436

010-62192616(T/F)

http://www.autocontrol.com.cn

http://www.autocontrol.cn

E-mail:editor@autocontrol.com.cn;

E-mail:control-2@163.com