



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109683150 A

(43)申请公布日 2019.04.26

(21)申请号 201811640647.5

(22)申请日 2018.12.29

(71)申请人 西安电子科技大学

地址 710071 陕西省西安市雁塔区太白南路2号

(72)发明人 宋骊平 岑汉 潘燕鹏 杨平 邹志彬 王菲菲 宋飞宇 柴嘉波

(74)专利代理机构 陕西电子工业专利中心 61205

代理人 程晓霞 王品华

(51)Int.Cl.

G01S 7/41(2006.01)

G01S 13/72(2006.01)

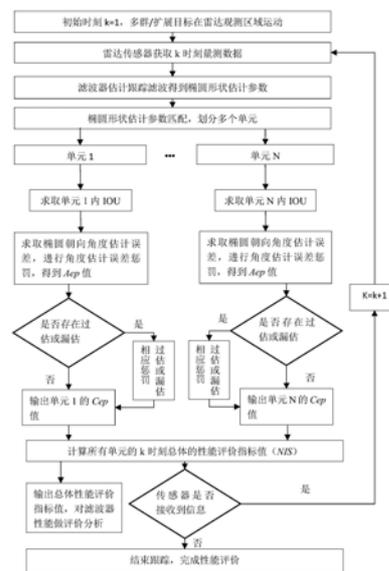
权利要求书2页 说明书12页 附图3页

(54)发明名称

多群/扩展目标椭圆形状估计评价方法

(57)摘要

本发明公开了一种多群/扩展目标椭圆形状估计评价方法,解决了现有性能评价体系不能反应目标的过估与漏估及椭圆长轴朝向估计误差的问题,实现步骤有:获取量测数据;对量测数据滤波得到椭圆形状估计;椭圆形状估计匹配;计算IOU值;得到椭圆长轴朝向误差及势估计错误惩罚后的性能评价指标数值;依NIS值评价滤波器性能;判断是否接收新量测数据,是则更新时刻,继续性能评价,否则结束。本发明通过椭圆形状估计匹配,选择惩罚函数惩罚椭圆长轴朝向估计误差,并惩罚过估或漏估情况获得性能评价结果。本发明响应快、灵敏度高、精度高,能用于目标识别、战场监视、视频监控、空中交通管制等领域。



1. 一种多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器评价方法,其特征在於,包括如下步骤:

(1) 实时获取雷达传感器量测数据;

(2) 对雷达传感器量测数据进行滤波处理,得到多群/扩展目标椭圆形状估计参数:将雷达传感器获得的量测数据输入待评价的多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器进行多群/扩展目标形状估计跟踪滤波,得到多群/扩展目标椭圆形状估计参数,主要包含有:各个椭圆形状圆心坐标、长短轴长度、椭圆长轴朝向以及运动速度大小、加速度大小;

(3) 多群/扩展目标椭圆形状估计参数匹配:使用距离划分方法,将椭圆形状估计参数划分成多个单元,每个单元内有各自对应的椭圆形状估计匹配结果,每个单元内的匹配结果包含一个真实群/扩展目标椭圆形状参数与相对应的所有多群/扩展目标椭圆形状估计参数;

(4) 计算每个单元内的所有多群/扩展目标椭圆形状估计与真实群/扩展椭圆目标间的IOU值:使用匹配结果,计算真实群/扩展目标与其相匹配的该单元内所有多群/扩展目标椭圆形状估计之间的椭圆形状相交和相并面积之比,得到各个单元内形状估计结果的IOU性能评价指标数值;

(5) 计算估计椭圆长轴朝向误差,进行朝向误差惩罚,得到椭圆长轴朝向误差惩罚后的性能评价指标数值:首先计算多群/扩展目标椭圆形状估计参数里的椭圆长轴朝向参数与真实群/扩展目标椭圆形状参数里的椭圆长轴朝向之间的差值;然后选取惩罚函数做相应的数值惩罚,进行估计椭圆长轴朝向误差惩罚,最后得到的性能评价指标数值;

(6) 根据判断,得到每个单元内的势估计错误惩罚后性能评价指标数值:判断每个单元内是否存在过估或漏估的情况,在考虑形状估计的基础上同时得到或过估或漏估的性能评价指标数值;

(7) 用该时刻总体性能评价指标值NIS评价多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器跟踪的优劣性:提取该时刻所有单元总体的性能评价指标值,用于对多群/扩展目标形状估计滤波器跟踪性能做优劣性说明;

(8) 判断雷达传感器是否还有接收到新的量测数据,若是,则更新时刻,返回执行步骤(2)-(8),循环实时跟踪,否则,执行步骤(9);

(9) 结束多群/扩展目标跟踪,完成滤波器跟踪性能评价。

2. 根据权利要求1所述的多群/扩展目标椭圆形状估计评价方法,其特征在於,步骤(3)中所述多群/扩展目标椭圆形状估计参数匹配,使用的是距离划分方法,包括有如下步骤:

3.1 计算所有多群/扩展目标椭圆形状估计与所有真实群/扩展目标椭圆形状圆心之间的欧氏距离;

3.2 将欧氏距离最小的估计椭圆形状估计与真实群/扩展椭圆目标匹配在一起,即表明该椭圆形状估计为该真实群/扩展椭圆目标的滤波估计;

3.3 将每一个真实群/扩展椭圆目标及与其相匹配的所有椭圆形状估计分别归到不同的单元内。

3. 根据权利要求1所述的多群/扩展目标椭圆形状估计评价方法,其特征在於,步骤(5)中所述的计算估计椭圆长轴朝向误差,进行朝向误差惩罚,得到椭圆长轴朝向误差惩罚后的性能评价指标数值,包括有如下步骤:

5.1 根据步骤(3)中的匹配结果,通过多群/扩展目标椭圆形状估计参数中的椭圆长轴

朝向参数值,计算得到估计椭圆朝向与真实群/扩展椭圆目标朝向的角度误差值的绝对值,记为 $|\Delta\phi|$,且 $|\Delta\phi| \in [0, \pi/2]$;

5.2选取惩罚函数 $f(|\Delta\phi|)$,对朝向角度误差进行惩罚。根据惩罚函数必须满足朝向角度误差越大、惩罚越严重且朝向角度误差值越大、惩罚函数曲线越陡的规则。本发明根据以上惩罚规则选取惩罚函数为三角函数里的余弦函数,即 $f(|\Delta\phi|) = \cos(|\Delta\phi|)$;

5.3结合步骤(4)中计算得到的Iou值的结果,得到朝向角度误差惩罚后的评价指标值,由如下公式计算得到:

$$A_{ep} = Iou \cdot f(|\Delta\phi|)$$

根据该惩罚函数的特性,可以看出:当 $|\Delta\phi| = 0$, $f(|\Delta\phi|) = 1$,此时存在 $A_{ep} = Iou$,即当估计椭圆朝向误差为零,也就是说明在不存在朝向误差时,不进行惩罚。当 $|\Delta\phi| = \pi/2$, $f(|\Delta\phi|) = 0$,存在 $A_{ep} = 0$,此时的估计椭圆朝向误差达到了最大,说明了估计群/扩展目标的运动方向与实际的方向完全错误,呈十字交叉状,将指标值置零以反应该错误的估计滤波结果。

4. 根据权利要求1所述的多群/扩展目标椭圆形状估计评价方法,其特征在于,步骤(6)中所述根据判断,确定每个单元内的势估计错误惩罚后的性能评价指标数值,具体包括如下步骤:

(6a) 根据每个单元内的匹配结果,判断是否存在过估或漏估情况;若是,则执行步骤(6b),做进一步判断,否则,执行步骤(6e):判断是否存在过估或漏估情况方法是:该单元内的真实群/扩展椭圆目标形状只匹配到了1组椭圆形状估计参数时,则认为不存在过估或漏估情况;否则,认为此真实群/扩展目标存在过估或漏估情况;

(6b) 通过判断确定过估还是漏估:当该单元内一个真实群/扩展目标匹配到了2及以上组椭圆形状估计参数时,则认为该时刻对该群/扩展目标估计滤波出现了过估情况;如果一个真实群/扩展目标没有匹配到任何椭圆形状估计参数,则认为该时刻对该真实群/扩展目标估计滤波出现了漏估情况;当出现的是过估情况时,则执行步骤(6c),出现漏估情况时,则执行步骤(6d):

(6c) 进行过估惩罚:使用该单元内所有 A_{ep} 评价指标值做一个均值运算,用该结果作为该多群/扩展目标形状估计跟踪算法对于该场景下对于该单一群/扩展目标的 C_{ep} 值;

(6d) 进行漏估惩罚:直接将对该单一群/扩展目标的性能评价指标值置零处理,即 $C_{ep} = 0$;

(6e) 不做任何惩罚:此时输出的 $C_{ep} = A_{ep}$ 。

5. 根据权利要求1所述的多群/扩展目标椭圆形状估计评价方法,其特征在于,步骤(7)中所述用该时刻总体性能评价指标值评价多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器跟踪的优劣性,具体描述如下:对步骤(6)求得的所有单元内的 C_{ep} 指标值做求均值计算,得到的结果就是该时刻该多群/扩展目标椭圆形状估计跟踪算法的总体性能评价指标值;在通过比较NIS值的大小以及多个时刻连成曲线的平滑程度,分析该滤波器的跟踪性能,得到该滤波器在不同情况下优劣性说明。

多群/扩展目标椭圆形状估计评价方法

技术领域

[0001] 本发明属于雷达目标跟踪技术领域,涉及多群/扩展目标椭圆形状估计的形状估计匹配处理,具体是一种多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器评价方法,用于雷达目标跟踪及群/扩展目标形状跟踪的性能评价等。

背景技术

[0002] 在传统的目标跟踪领域中,通常会忽略目标形状把目标看作点。而随着雷达、红外等传感器分辨率越来越高,获取的目标相关信息越来越多,当传感器对单个目标探测到多个量测时,就必须把目标看成是群/扩展目标来处理。因此不能仅仅只对目标进行跟踪,同时还要估计其形状。群/扩展目标的形状跟踪估计不仅可以用于目标识别、导弹防御、战场监视等军事领域,还可以用在视频监控、空中交通管制等民用领域。近年来,估计群/扩展目标形状的算法主要有随机矩阵(random matrix)方法、随机超平面(random hypersurface)方法和高斯过程(gaussian process)方法3种。实际情况中,由于检测环境中存在噪声干扰,因此从传感器收集到的量测数据中提取详细的形状信息常常是极具挑战性的,所以在许多实际的群/扩展目标跟踪应用中,人们往往会关注简单的形状,为此,当前大部分的群/扩展目标跟踪方法都是使用椭圆对目标形状进行建模,椭圆还能提供关于目标运动方向、扩散范围及大小的相关附加信息。随着群/扩展目标跟踪滤波器算法的不断改进创新,客观上需要一种有效的群/扩展目标形状跟踪滤波器算法评价指标体系。

[0003] 张慧等人发表的文章“一种基于椭圆随机超曲面模型的群目标高斯混合PHD滤波器”中,因为当时还未有有效的评价指标可以用来衡量算法对目标形状估计性能,因此分别计算质心位置、椭圆长短半轴及面积估计值与真值之间的OSPA距离,实现对滤波器性能的评价。

[0004] 王雪等人发表的文章“基于星凸RHM的扩展目标SMC-PHD滤波”中,使用Intersection-over-union (IOU)值作为其形状估计算法的性能评价指标,IOU性能评价指标是一种形状相关的性能评价指标,通过反馈估计形状与真实形状之间相交和相并面积之比来说明形状估计算法在形状估计方面的优劣性。

[0005] 然而对于多群/扩展目标的椭圆形状估计滤波器,OSPA距离评价指标无法给出该滤波器在椭圆形状估计上形状相关的性能评价指标,使得无法评价椭圆形状估计跟踪滤波器算法对于形状估计的优劣性,不完全适用于椭圆形状估计滤波器的评价指标。将IOU性能评价指标运用到多群/扩展目标跟踪领域里,由于跟踪场景的原因以及跟踪目的的需要,IOU性能评价指标没有反应跟踪过程中出现的势估计错误中的过估与漏估情况,也没有反应椭圆形状估计椭圆朝向误差,因此不能直接运用于多群/扩展目标的椭圆形状估计评价。

发明内容

[0006] 本发明的目的是针对上述现有技术的不足,提出能够反应势估计错误中过估与漏估、以及椭圆朝向误差的多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器评价方法。

[0007] 本发明是一种多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器评价方法,其特征在于,包括如下步骤:

[0008] (1) 实时获取雷达传感器量测数据;

[0009] (2) 对雷达传感器量测数据进行滤波处理,得到多群/扩展目标椭圆形状估计参数:将雷达传感器获得的量测数据输入待评价的多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器进行多群/扩展目标形状估计跟踪滤波,得到多群/扩展目标椭圆形状估计参数,主要包含有:各个椭圆形状圆心坐标、长短轴长度、椭圆长轴朝向以及运动速度大小、加速度大小;

[0010] (3) 多群/扩展目标椭圆形状估计参数匹配:使用距离划分方法,将椭圆形状估计参数划分成多个单元,每个单元内有各自对应的椭圆形状估计匹配结果,每个单元内的匹配结果包含一个真实群/扩展目标椭圆形状参数与相对应的所有多群/扩展目标椭圆形状估计参数;

[0011] (4) 计算每个单元内的所有多群/扩展目标椭圆形状估计与真实群/扩展椭圆目标间的IOU值:使用匹配结果,计算真实群/扩展目标与其相匹配的该单元内所有多群/扩展目标椭圆形状估计之间的椭圆形状相交和相并面积之比,得到各个单元内形状估计结果的IOU性能评价指标数值;

[0012] (5) 计算估计椭圆长轴朝向误差,进行朝向误差惩罚,得到椭圆长轴朝向误差惩罚后的性能评价指标数值(Aep):首先计算多群/扩展目标椭圆形状估计参数里的椭圆长轴朝向参数与真实群/扩展目标椭圆形状参数里的椭圆长轴朝向之间的差值;然后选取惩罚函数做相应的数值惩罚,进行估计椭圆长轴朝向误差惩罚(Angle error penalty(Aep)),最后得到的性能评价指标数值(Aep);

[0013] (6) 根据判断,得到每个单元内的势估计错误惩罚后性能评价指标数值(cardinalized error penalty(Cep)):判断每个单元内是否存在过估或漏估的情况,在考虑形状估计的基础上同时得到过估或漏估的性能评价指标数值(Cep);

[0014] (7) 用该时刻总体性能评价指标值(NIS)评价多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器跟踪的优劣性:提取该时刻所有单元总体的性能评价指标值(New index system(NIS)),用于对多群/扩展目标形状估计滤波器跟踪性能做优劣性说明;

[0015] (8) 判断雷达传感器是否还有接收到新的量测数据,若是,则更新时刻,返回执行步骤(2),循环实时跟踪,否则,执行步骤(9);

[0016] (9) 结束多群/扩展目标跟踪,完成滤波器跟踪性能评价。

[0017] 本发明主要是在传统IOU性能评价指标的基础上,通过多群/扩展目标椭圆形状估计匹配方法进行划分单元,解决了在多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器存在的椭圆长轴朝向误差、过估或漏估情况在现有评价指标体系无法给出确切评价的问题,在进行相应的性能评价指标数值惩罚以及结合后,最后得到该时刻的总体性能评价指标值用于滤波器优劣性说明。

[0018] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0019] 第一,目前使用最为广泛的最优次模式分配(Optimal Sub-pattern Assignment)OSPA距离评价指标,其衡量真实目标和估计结果之间的误差大小是通过计算质心间的距离进行计算的,忽略了对形状估计滤波器中最重要的形状方面的评价对比;本发明完善了目前多群/扩展目标形状跟踪估计领域里对于形状估计方面相关的评价指标问题,不仅实现

形状估计形状方面的评价指标体系的建立,还实现了对其他参数估计误差大小的评价。

[0020] 第二,IOU性能评价指标,广泛应用于物体检测和图像分割领域的评价体系,目前也有用在多群/扩展目标形状跟踪估计领域中,做形状估计评价指标,但是在用于多群/扩展目标形状跟踪估计评价指标中,对椭圆朝向的误差、多群/扩展目标势估计的过估与漏估情况都得不到体现,因此,本发明在IOU性能评价指标的基础上,完善了形状估计性能评价指标问题的同时,还解决了在多群/扩展目标形状估计跟踪领域里常见的过估与漏估问题对椭圆形状滤波器评价指标影响的问题,并且首次加入了椭圆形状估计中常见的椭圆形状朝向误差对多群/扩展目标形状跟踪滤波估计方法的评价指标的影响。

附图说明

[0021] 图1为本发明的流程图;

[0022] 图2为本发明仿真运用场景中多群/扩展目标真实椭圆形状及运动图;

[0023] 图3为本发明使用SMC-RHM-PHD滤波器后的滤波估计结果图;

[0024] 图4为本发明提出的性能评价指标NIS与IOU性能评价指标对比图。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图对本发明详细描述。

[0026] 实施例1

[0027] 近年来随着大量的多群/扩展目标形状估计滤波算法的提出,广大学者对多群/扩展目标椭圆形状估计跟踪滤波器进行不断改进创新,但是在其优劣性评价指标方面,目前广泛应用OSPA距离评价指标做优劣性评价,由于无法给出该滤波器在形状估计上形状相关的性能评价指标,无法评价该滤波器实际运用到形状估计方向的优劣性,因此不完全适用于多群/扩展目标椭圆形状估计跟踪滤波器的评价指标;也有少部分学者将IOU性能评价指标运用到多群/扩展目标跟踪领域里,由于跟踪场景的原因以及跟踪目的的需要,对目标所处位置及数目等信息获取的准确性要求越来越高,IOU性能评价指标无法反应跟踪过程中出现的势估计错误中的过估与漏估情况、椭圆形状估计椭圆朝向误差。

[0028] 客观上需要一种更有效的群/扩展目标形状跟踪算法评价指标体系,本发明为适应这种实际需要,提出了一种多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器评价方法。参见图1,本发明对多群/扩展目标椭圆形状估计跟踪滤波器进行优劣性评价,通过滤波后得到的多群/扩展目标椭圆形状估计参数计算性能评价指标值以此对滤波跟踪性能评价说明,包括有如下步骤:

[0029] (1) 实时获取雷达传感器量测数据,这些量测数据包含二维空间位置坐标信息,为初始时刻所获数据。得到了真实群/扩展椭圆目标的椭圆形状,及真实群/扩展椭圆目标总个数。

[0030] (2) 对雷达传感器量测数据进行滤波处理,得到多群/扩展目标椭圆形状估计参数:将雷达传感器获得的量测数据输入待评价的多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器进行多群/扩展目标椭圆形状估计跟踪滤波,得到多群/扩展目标椭圆形状估计参数,该估计参数包含有:滤波处理后得到的各个椭圆形状估计的圆心坐标、长短轴长度、椭圆长轴朝向以及运动速度大小、加速度大小等。这里得到的各参数均是待评价的多群/扩展目标椭圆形状

估计滤波器滤波处理后得到的。

[0031] 如果想使用本发明对某种多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器进行评价,就是要将量测数据输入到该种滤波器中,该滤波器就是待评价的多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器。之后提及的多群/扩展目标椭圆形状估计均是待评价的多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器滤波处理后得到的。

[0032] 其中多群/扩展目标是指,多个能在同一时刻被传感器探测到多个量测的运动目标。多群/扩展目标椭圆形状估计是指,经过多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器滤波处理后得到多个椭圆形状的估计。

[0033] (3) 多群/扩展目标椭圆形状估计参数匹配:使用距离划分方法,参考真实群/扩展椭圆目标,将步骤(2)滤波后得到的椭圆形状估计参数划分成多个单元,划分成的单元总个数等于真实群/扩展椭圆目标总个数,每个单元内有各自对应的多群/扩展目标椭圆形状估计参数估计匹配结果,每个单元内的匹配结果包含一个真实群/扩展目标椭圆形状参数与相对应所有多群/扩展目标椭圆形状估计参数。

[0034] 其中,真实群/扩展目标椭圆形状参数包含真实群/扩展目标扩散的椭圆形状的圆心坐标、长短轴长度以及椭圆长轴朝向。

[0035] (4) 计算每个单元内的所有多群/扩展目标椭圆形状估计与真实群/扩展目标椭圆形状间的IOU值:使用步骤(3)提及到的匹配结果,计算真实群/扩展目标与其相匹配的该单元内所有的多群/扩展目标椭圆形状估计之间的椭圆形状相交和相并面积之比,得到各个单元内多个的IOU性能评价指标数值,各个单元内IOU值的个数与该单元内包含的多群/扩展目标椭圆形状估计个数相等。

[0036] (5) 计算估计椭圆长轴朝向误差,进行朝向误差惩罚,得到椭圆长轴朝向误差惩罚后的性能评价指标数值(Aep):遍历所有单元,首先对于每个单元,计算该单元内的各个多群/扩展目标椭圆形状估计参数中包含的椭圆长轴朝向参数与该单元的真实群/扩展目标椭圆形状参数里的椭圆长轴朝向之间的差值的绝对值;然后选取惩罚函数做相应的数值惩罚,即进行估计椭圆长轴朝向误差惩罚(Angle error penalty(Aep)),根据椭圆朝向误差值的特性,惩罚函数必须在 $[0, \pi/2]$ 取值区间内单调递减,惩罚函数的斜率还随着椭圆朝向误差值增大而减小,即惩罚函数曲线越陡。最后输出各个单元的估计椭圆长轴朝向误差惩罚性能评价指标数值(Aep)。

[0037] (6) 根据判断,得到每个单元内的势估计错误惩罚后性能评价指标数值(cardinalized error penalty(Cep)):判断每个单元内是否存在过估或漏估的情况,根据不同的判断结果,如果不存在过估或漏估情况,则在此步骤不进行惩罚处理;若存在,则进行或过估或漏估相对应的惩罚处理,无论何种判断结果,最后都是要在考虑形状估计的基础上同时得到势估计错误惩罚后性能评价指标数值(Cep)。

[0038] (7) 用当前时刻总体性能评价指标值(NIS)评价多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器跟踪的优劣性:提取该当前时刻所有单元总体的性能评价指标值(New index system(NIS)),用于对待评价的多群/扩展目标形状估计滤波器跟踪性能做优劣性说明。本发明中此处所述的当前时刻,第一次时为初始时刻,此后每次都是更新后的时刻。

[0039] (8) 判断雷达传感器是否还有接收到新的量测数据,若是,则更新时刻,返回执行步骤(2),循环实时跟踪,否则,执行步骤(9):当雷达传感器还在接收量测数据时,说明雷达

传感器观测区域仍有多群/扩展目标持续运动,此时更新跟踪时刻,返回循环执行步骤(2)–(8),不断对多群/扩展目标椭圆形状估计跟踪滤波器进行性能评价更新。否则,无接收量测数据时,说明观测区域已无目标运动,执行步骤(9)。

[0040] (9)结束多群/扩展目标跟踪,完成滤波器形状跟踪估计性能评价。

[0041] 本发明的思路是,使用待评价的多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器对雷达传感器获取的量测数据做多群/扩展目标椭圆形状估计,获取椭圆形状估计参数,首先通过估计匹配,将真实群/扩展目标与滤波估计结果划分为多个单元,然后以各个单元为基础,计算椭圆形状估计参数与真实群/扩展目标椭圆形状之间相交和相并面积之比,即IOU,紧接着计算椭圆形状估计长轴朝向与真实目标椭圆形状长轴朝向的夹角差,使用惩罚函数做形状估计朝向估计误差惩罚,紧接着通过判断是否存在势估计错误,判断的主要依据估计匹配结果,主要是判断是否存在过估或漏估问题,通过判断结果再进行相应的操作,最后得到该时刻总体性能评价指标值(NIS),用于评价待评价的多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器的跟踪性能。

[0042] 实施例2

[0043] 多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器评价方法同实施例1,步骤(3)中所述多群/扩展目标椭圆形状估计参数匹配,主要是依据距离划分方法,包括有如下步骤:

[0044] 3.1根据所有多群/扩展目标椭圆形状估计参数与所有真实群/扩展目标椭圆形状参数,计算上述椭圆形状两两圆心之间的欧氏距离。

[0045] 3.2将欧氏距离最小的那组多群/扩展目标椭圆形状估计参数与真实群/扩展目标椭圆形状参数匹配在一起,即表明该组多群/扩展目标椭圆形状估计参数为该真实群/扩展目标椭圆形状参数的滤波估计。

[0046] 3.3将一个真实群/扩展目标椭圆形状参数及与其相匹配的所有椭圆形状估计归到相同的单元内。本例中有多少组真实群/扩展目标椭圆形状参数,就划分成多少个单元,且每个单元之间是相互独立的。

[0047] 本发明多群/扩展目标椭圆形状估计参数匹配方法,运用到多群/扩展目标椭圆形状估计参数匹配中,能够更精准的进行单元划分,准确的单元划分,使得以后得到的性能评价指标更加真实有效。

[0048] 实施例3

[0049] 多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器评价方法同实施例1–2,步骤(4)中所述的计算每个单元内的所有多群/扩展目标椭圆形状估计与真实群/扩展目标椭圆形状间的IOU值的方法为蒙特卡洛方法,详细描述如下:

[0050] 使用 $[a_e \ b_e]$ 分别表示多群/扩展目标椭圆形状估计参数里的长轴与短轴长度, $[a_r \ b_r]$ 分别表示该单元内真实群/扩展目标椭圆形状参数里的长轴与短轴长度;以多群/扩展目标椭圆形状估计椭圆形状与真实群/扩展目标椭圆形状之间圆心连线的中点为质心,本例以4倍真实群/扩展目标椭圆形状参数里的长轴为边长,即 $4a_r$,做一个矩形区域,在该区域内按均匀分布生成一万个点,通过统计出这一万个点中即属于多群/扩展目标椭圆形状估计椭圆,又属于真实群/扩展目标椭圆形状的共有N个点;此时真实群/扩展目标与该多群/扩展目标椭圆形状估计之间的椭圆形状相交面积 S_n 由如下公式得到:

$$[0051] \quad S_{\cap} = \frac{N}{10000} \cdot (4a_r \times 4a_r) = \frac{N \cdot a_r^2}{625}$$

[0052] 则对应的相并面积 S_U 可由如下公式得到:

$$[0053] \quad S_U = \pi \cdot a_r \cdot b_r + \pi \cdot a_e \cdot b_e - S_{\cap}$$

[0054] 则IOU值可由如下公式得到:

$$[0055] \quad Iou = \frac{S_{\cap}}{S_U}$$

[0056] 以上求取IOU值之所以选择蒙特卡洛方法是由于该方法能够快速统计获取相关数据,并通过以上数据能够效率的计算出IOU值;当然选择在该矩形区域内生成服从均匀分布的点数越多,求取的IOU值越接近于真值,但是也会增加计算复杂度,延长计算时间,影响实时性。本发明经过大量实验,当使用一万个点,并且矩形区域边长取值为 $4a_r$ 时能够即快速又准确的求得IOU值,因此以上取值为本例最佳取值,在具体实施时,根据具体需要,可以进行不同的取值。相比于将两个相关椭圆作图画出后通过图像处理方法求取IOU值的方法,本发明使用的蒙特卡洛方法具有更加简便、效率的特点。

[0057] 实施例4

[0058] 多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器评价方法同实施例1-3,步骤(5)中所述的计算估计椭圆长轴朝向误差,进行朝向误差惩罚,得到椭圆长轴朝向误差惩罚后的性能评价指标数值(Aep)方法,步骤如下:

[0059] 5.1根据步骤(3)中每个单元内的匹配结果,分别通过每一组多群/扩展目标椭圆形状估计参数中的椭圆长轴朝向参数值,计算得到该椭圆长轴朝向与该单元内的真实群/扩展目标椭圆长轴朝向的角度之间差值的绝对值,记为 $|\Delta\phi|$,且 $|\Delta\phi| \in [0, \pi/2]$ 。

[0060] 5.2选取惩罚函数 $f(|\Delta\phi|)$,对朝向角度误差进行惩罚。根据惩罚函数必须满足角度误差越大,惩罚越严重且角度误差值越大,惩罚函数曲线越陡,即惩罚力度越大的规则。本发明选取的惩罚函数为三角函数里的余弦函数作为惩罚函数,即 $f(|\Delta\phi|) = \cos(|\Delta\phi|)$ 。

[0061] 5.3结合步骤(4)中计算得到的Iou值的结果,得到朝向角度误差惩罚后的评价指标值(Angle error penalty(Aep)),由如下公式计算得到:

$$[0062] \quad Aep = Iou \cdot f(|\Delta\phi|) = Iou \cdot \cos(|\Delta\phi|)$$

[0063] 本发明在了解了估计椭圆朝向角度误差的特性后,根据制定的惩罚规则,之所以选择三角函数中的余弦函数作为本发明的惩罚函数,是因为余弦函数在 $[0, \pi/2]$ 的取值空间内是一个单调递减的函数,并且其二阶曲线满足随着角度误差值越大曲线越陡的特点,以上两个特点完全契合制定的惩罚规则;并且可以看出:当 $|\Delta\phi| = 0$, $f(|\Delta\phi|) = 1$,此时存在 $Aep = Iou$,即当估计椭圆朝向误差为零,也就是说不存在估计椭圆朝向误差时,不进行惩罚。当 $|\Delta\phi| = \pi/2$, $f(|\Delta\phi|) = 0$,存在 $Aep = 0$,此时的估计椭圆朝向误差达到了最大,也就说明了估计群/扩展目标的运动方向与实际的方向完全错误,呈十字交叉状,因此将性能评价指标值置零以反应该错误的估计结果。无论是现有的IOU性能评价指标又或是OSPA距离评价指标,从来都没有对多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器滤波处理后的估计结果进行椭圆朝向误差的评价,但是在多群/扩展目标跟踪领域里,椭圆朝向往往就是多群/扩展目标运动方向,本发明按照余弦函数的特性,在做以上的结合,根据结合后的性能评价指

标值,为多群/扩展目标运动意图判断的可信度提供一个强有力的参考,具有非常高的现实意义。

[0064] 实施例5

[0065] 多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器评价方法同实施例1-4,步骤(6)中所述的根据判断,得到每个单元内的势估计错误惩罚后性能评价指标数值 C_{ep} ,具体包括如下步骤:

[0066] (6a) 根据步骤(3)所述的每个单元内的匹配结果,对各个单元判断是否存在过估或漏估情况:判断是否存在过估或漏估情况方法是:每个单元内的真实群/扩展目标只匹配到了1组多群/扩展目标椭圆形状估计参数时,则认为不存在过估或漏估情况,执行步骤(6e),直接输出。否则,认为多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器对该真实群/扩展目标估计滤波处理出现了过估或漏估情况,则执行步骤(6b),做进一步判断。

[0067] (6b) 对存在过估或漏估情况的分别处理:判断确定是过估还是漏估情况:当该单元内的真实群/扩展目标匹配到了2及以上组多群/扩展目标椭圆形状估计参数时,则认为滤波器该时刻对该真实的群/扩展目标估计滤波处理出现了过估情况,则执行(6c);当一个真实群/扩展目标没有匹配到任何椭圆形状估计结果时,则认为滤波器该时刻对该群/扩展目标估计滤波处理出现了漏估情况,则执行(6d);

[0068] (6c) 进行过估惩罚,输出 C_{ep} 值:使用步骤(5)得到的该单元内所有 A_{ep} 评价指标值做一个均值运算,用该结果作为该多群/扩展目标形状估计滤波器在该场景下对该单元内的真实群/扩展目标的 C_{ep} 值;这里之所以用均值计算结果作为该真实群/扩展目标该时刻过估惩罚后的性能评价指标值,是因为在过估情况下,每个单元内的真实群/扩展目标总是有2及以上组形状估计结果,因此在经过步骤(5)的计算,会得到与该单元内包含的多群/扩展目标椭圆形状估计个数一样的 A_{ep} 性能评价指标值,因此使用偏好的性能评价指标或是偏差的性能评价指标都不适合用做滤波器对该单元内的真实群/扩展目标估计滤波跟踪性能评价指标值,而均值运算得到的数值是一个良好的集中量数,具有反应灵敏、确定严密、简明易解、计算简单、适合进一步演算和较小受抽样变化的影响等优点且均值运算反应灵敏,每个数据的或大或小的变化都会影响到最终结果,因此本发明使用该单元内的所有 A_{ep} 值的均值用做描述滤波器对该单元内真实群/扩展目标估计滤波跟踪过估情况下的性能评价指标值是较好的选择。

[0069] (6d) 进行漏估惩罚,输出 $C_{ep}=0$:直接将该单一群/扩展目标的性能评价指标值置零处理,即 $C_{ep}=0$;对于漏估,在传统的IOU性能评价指标,如果出现了漏估情况,往往会被忽略掉,本发明解决了漏估会被忽略的问题,直接将漏估的群/扩展目标性能评价指标值赋零。

[0070] (6e) 不做任何惩罚,此时输出的 $C_{ep}=A_{ep}$ 。

[0071] 本发明上述方法旨在反应多群/扩展目标形状跟踪领域里的势估计错误里的过估与漏估对性能评价指标不同程度的影响。相比于传统IOU性能评价指标中,本发明解决了如何体现过估与漏估对形状估计性能评价的影响,通过以上方法,实现了过估情况下与漏估情况下不同的形式的惩罚方式以获得过估与漏估情况下各自的性能评价指标值,并且可以通过该值对多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器做出切实的评价。

[0072] 实施例6

[0073] 多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器评价方法同实施例1-5,步骤(7)中所述的用

该时刻总体性能评价指标值 (NIS) 评价多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器跟踪的优劣性, 具体描述为: 对步骤 (6) 求得的所有单元内的Cep指标值做求均值计算, 得到的结果就是该时刻该多群/扩展目标椭圆形状估计跟踪算法的总体性能评价指标值。为了在体现该时刻总体性能评价指标值, 本发明通过总体性能评价指标NIS值, 说明该时刻该场景下的多群/扩展目标形状估计滤波器跟踪性能, 可以对比同种多群/扩展目标形状估计滤波器在不同时刻的多群/扩展目标不同跟踪场景下得到的NIS值的大小说明该滤波器更适合哪一种跟踪场景, 也可以对比不同多群/扩展目标形状估计滤波器在相同多群/扩展目标跟踪场景下得到的NIS值的大小判断哪一个多群/扩展目标形状估计滤波器更适合跟踪该场景。本发明对所有单元内得到的全部Cep值做均值运算, 使用均值运算即能体现所有群/扩展目标该时刻进行形状估计滤波跟踪后的性能评价指标值趋势, 还能根据性能评价指标曲线是否突然出现大幅度下降判断该时刻滤波器是否出现了漏估, 这是由于本发明步骤 (6d) 中针对漏估惩罚的处理是将漏估情况下的Cep值置零, 因此出现了漏估会导致均值偏低的情况。

[0074] 下面给出一个更加详细的例子, 对本发明进一步说明

[0075] 实施例7

[0076] 多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器评价方法同实施例1-6, 结合附图1中, 对本发明的具体步骤做进一步的描述。

[0077] 步骤1, 获取雷达传感器相关量测数据。

[0078] 当多群/扩展目标开始运动于雷达传感器观测区域内时, 雷达传感器接收到多群/扩展目标相关量测, 记录为初始时刻, 记时刻 $k=1$ 。

[0079] 步骤2, 构建多群/扩展目标椭圆形状估计: 根据雷达传感器获得的量测数据, 选择待评价的椭圆形状估计滤波器进行多群/扩展目标形状估计跟踪滤波, 输出滤波估计结果, 即多群/扩展目标椭圆形状估计。

[0080] 本例中选择使用的多群/扩展目标形状估计跟踪滤波器, 基于椭圆随机超曲面 (RHM) 的粒子概率假设密度 (SMC-PHD) 滤波器。该滤波器通过构建一个长短轴描述群/扩展目标大小, 长轴方向描述扩展目标运动方向的椭圆, 使用高斯分布, 近似椭圆随机超曲面尺度因子的分布, 并且使用SMC-PHD滤波方法对多群/扩展目标进行滤波跟踪, 使用该滤波器对雷达传感器接收到的量测数据进行滤波处理, 即可得到 k 时刻该跟踪场景下的多群/扩展目标的椭圆形状估计参数。该椭圆形状估计参数主要包含了, 各个群/扩展目标估计椭圆形状的圆心坐标、长短轴长度、椭圆长轴朝向以及群/扩展目标运动速度大小、加速度大小的估计。

[0081] 步骤3, 真实多群/扩展椭圆目标与多群/扩展目标椭圆形状估计参数匹配, 输出匹配结果。

[0082] 使用距离划分方法, 实现真实多群/扩展椭圆目标与多群/扩展目标椭圆形状估计的匹配, 参见图1, 将滤波后得到的多群/扩展目标椭圆形状估计划分成 N 个单元, N 的大小等于真实群/扩展椭圆目标运动在雷达观测区域内的个数。计算所有步骤2中得到的多群/扩展目标椭圆形状估计中各个椭圆形状估计圆心到各个真实多群/扩展椭圆目标圆心之间的欧氏距离, 将欧氏距离最小的椭圆形状估计与真实群/扩展椭圆目标匹配到同一单元内, 同一个真实群/扩展椭圆目标匹配到的不同估计结果都归并到同一单元内, 即表明这些椭圆形状估计都是属于该真实群/扩展椭圆目标的滤波估计; 不同的真实群/扩展椭圆目标与其

匹配到的不同估计结果归并到不同单元内,且这些单元之间是相互独立的,不相互影响。

[0083] 这里所述的,真实群/扩展椭圆目标是指,使用椭圆对单个群/扩展目标扩散形状进行建模的真实运动目标。真实多群/扩展椭圆目标是指,多个真实群/扩展椭圆目标构成的整体运动目标群。

[0084] 步骤4,计算同一单元内所有多群/扩展目标椭圆形状估计与该单元内的真实群/扩展椭圆目标之间的IOU值。

[0085] 通过步骤3中所述的划分单元内的所有匹配结果,计算每个单元内的多群/扩展目标椭圆形状估计与其相匹配的真实群/扩展椭圆目标之间的椭圆形状相交和相并面积之比,得到各个单元的形状估计跟踪滤波的IOU性能评价指标数值。 k 时刻各个单元内有多少个滤波估计结果,则会得到相应数量个IOU值。

[0086] 步骤5,计算同一单元内估计椭圆长轴朝向误差,进行椭圆长轴朝向误差惩罚,输出 k 时刻椭圆长轴朝向误差惩罚后的性能评价指标值(Aep)。

[0087] 根据步骤3中的匹配结果,通过椭圆形状估计中的椭圆朝向参数值,计算得到椭圆形状估计的椭圆长轴朝向与真实群/扩展椭圆目标朝向的角度差值的绝对值,即估计椭圆长轴朝向误差,记为 $|\Delta\phi|$,且 $|\Delta\phi| \in [0, \pi/2]$ 。接着选取惩罚函数,对椭圆长轴朝向误差进行惩罚。根据惩罚函数在取值区间 $[0, \pi/2]$ 内必须单调递减,且满足角度误差越大,惩罚越严重且角度误差值越大时,斜率越小,惩罚值变化率越大的特点。本发明选取的惩罚函数为三角函数里的余弦函数作为惩罚函数,即 $f(|\Delta\phi|) = \cos(|\Delta\phi|)$ 。然后结合步骤4中计算得到的IOU值的结果,得到椭圆长轴朝向误差惩罚后的评价指标值(Angle error penalty(Aep))。则Aep由如下公式计算得到:

[0088] $Aep = Iou \cdot f(|\Delta\phi|) = Iou \cdot \cos(|\Delta\phi|)$

[0089] 本发明考虑了在传统IOU性能评价指标忽视的估计椭圆长轴朝向误差问题,因为真实多群/扩展椭圆目标的椭圆长轴朝向往往就是目标的运动方向,对判断多群/扩展目标运动意图的准确性提供了重要的可信度参考,例如在军事领域里对判断目标进攻、巡航或撤退等战略意图具有重要的现实意义。

[0090] 步骤6,判断是否存在过估或漏估的情况,若是,则进行过估或漏估的相应惩罚;否则,不做任何惩罚,输出考虑形状方面的势估计错误中过估或漏估情况下的性能评价指标数值(cardinalized error penalty(Cep)):

[0091] 根据步骤3中的划分单元内的匹配结果,判断是否存在过估或漏估情况的方法为,该单元内的真实群/扩展椭圆目标只匹配到了1个椭圆形状估计结果时,则认为不存在过估或漏估情况;否则,认为 k 时刻,滤波器对该单元内的真实群/扩展目标的估计跟踪滤波出现了过估或漏估情况;判断是过估还是漏估情况的方法及相应的惩罚方法如下:当一个真实的群/扩展目标匹配到了2个及以上的估计结果时,则认为该时刻对该群/扩展目标出现了过估情况,本发明采用的过估惩罚为,对于一个群/扩展目标,将匹配到的所有估计结果经过步骤5得到的Aep评价指标值做一个均值运算,用该结果作为该多群/扩展目标形状估计跟踪算法对于该场景下对于该单一群/扩展目标的性能评价指标值。当一个真实的群/扩展目标没有任何一个匹配估计时,则认为该时刻对该群/扩展目标出现了漏估情况,本发明采用的漏估惩罚就是将对该单一群/扩展目标的性能评价指标值置零处理。步骤6得到的势估计错误惩罚后的性能评价指标值,记做Cep。

[0092] 步骤7,提取k时刻所有单元内总体的性能评价指标值,对多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器进行性能评价。

[0093] 对于多群/扩展目标,每一个单元内的群/扩展目标经过步骤6后都能得到一个势估计错误惩罚后的性能评价指标值 C_{ep} 。而最后想要反应多群/扩展目标形状估计跟踪算法的滤波性能在该时刻的优劣性,需要的是该时刻总体滤波性能评价指标值来进行说明。提取最终的k时刻总体的性能评价指标值,就是对每一个群/扩展目标求得 C_{ep} 值做求均值处理,得到的结果就是该时刻该多群/扩展目标形状估计跟踪算法的总体性能评价指标值,记做NIS;通过输出的NIS数值,用于对比多群/扩展目标形状估计跟踪滤波器的优劣性说明。

[0094] 本发明可用于无人机群跟踪、航母舰群跟踪等,根据滤波器在该跟踪场景下过往NIS数值作为参考,可以确定该跟踪场景下,滤波器跟踪性能的可信度。

[0095] 步骤8,判断雷达传感器是否还有接收到新的量测数据,若是,则将时刻k加1后循环执行步骤2-8,对多群/扩展目标椭圆形状估计跟踪滤波器继续进行性能评价。否则,即传感器没有接收到新的量测数据,说明观测区域内无目标运动,执行步骤9。

[0096] 步骤9,结束多群/扩展目标跟踪,完成滤波器形状跟踪估计性能评价。

[0097] IOU性能评价指标,广泛应用于物体检测和图像分割领域的评价体系,目前也有用在多群/扩展目标形状跟踪估计领域中,做形状估计评价指标,但是在用于多群/扩展目标椭圆形状跟踪估计滤波器评价指标中,对椭圆朝向的误差、多群/扩展目标势估计的过估与漏估情况都得不到体现,因此,本发明在IOU性能评价指标的基础上解决了椭圆形状估计指标不完善问题的同时,还解决了在多群/扩展目标形状估计跟踪领域里常见的过估与漏估问题对椭圆形状估计滤波器评价指标的影响问题,并且首次加入了椭圆形状估计中常见的椭圆形状朝向误差对多群/扩展目标形状跟踪滤波估计方法的评价指标的影响。

[0098] 下面结合仿真实验对本发明的效果做进一步说明。

[0099] 实施例8

[0100] 多群/扩展目标椭圆形状估计滤波器评价方法同实施例1-7,

[0101] 仿真实验条件:

[0102] 本发明仿真实验的硬件测试平台是:处理器Intel Core i3-7100 CPU,主频为3.90GHz,内存4GB;软件平台为:Windows 7旗舰版,64位操作系统,MATLAB R2010b。

[0103] 仿真内容:

[0104] 本发明的仿真场景是,在二维跟踪场景跟踪数目随时间发生变化的多群/扩展目标,仿真的观测区域为 $[-5 \times 10^4, 8 \times 10^4] \times [-5 \times 10^4, 5 \times 10^4]$,单位为米(m),采样周期 $T=1$ (s),量测噪声 v_k 的标准差 $\sigma_x = \sigma_y = 500m$ 。观测区域内最多有8个群/扩展目标,并且所有群/扩展目标在观测区域内一共运动了30s。目标所处跟踪区域杂波的个数服从均值为3的泊松分布。起始跟踪时刻多群/扩展目标总数为1,随机采样粒子总数 $N=1000$ 。其中在第11s,发生群分裂。第23s,发生群合并,其总体的运行轨迹及真实椭圆扩散形状如图2所示。使用基于椭圆随机超曲面(RHM)的粒子PHD(SMC-PHD)滤波器进行滤波,滤波结果如图3所示。

[0105] 仿真结果分析:

[0106] 图2为本发明仿真运用场景中多群/扩展目标真实椭圆形状及运动图,图中所有一一个个独立存在的椭圆形状为真实多群/扩展目标扩散形状在雷达传感器观测区域内运动30s内真实经过的位置。也就是本发明所述的真实多群/扩展目标图,图中横坐标与纵坐标

共同构成的矩形区域就是该雷达探测的观测区域。

[0107] 图3为本例中使用SMC-RHM-PHD滤波器的滤波估计跟踪结果图,也就是多群/扩展目标椭圆形状估计图,图3(a)为总体的滤波估计跟踪结果图,图3(b)为局部放大的滤波估计跟踪结果图,为了更直观的体现真实多群/扩展目标椭圆扩散形状与椭圆形状估计之间存在的误差,图中实线椭圆为真实多群/扩展椭圆目标所处位置及真实扩散椭圆形状,图中虚线椭圆为通过SMC-RHM-PHD滤波器做椭圆形状估计滤波跟踪得到的椭圆形状估计对应到观测区域内的椭圆形状估计所处位置,图中×为多群/扩展目标被雷达传感器接收到的量测数据二维空间坐标对应的位置,这些量测数据不仅来自多群/扩展目标,还有的来自雷达传感器自身以及观测区域内存在的噪声。图中可以反应出滤波估计结果总是存在误差的,但是肉眼可见的误差都较小且每一时刻的误差都是随机不一致的,因此无法使用肉眼辨别滤波器跟踪性能的优劣性,本发明力图从量和数的角度具体的评价滤波器的跟踪性能优劣性,给出了具体的性能评价指标,结合图(4)具体说明。

[0108] 本发明在该跟踪场景下的NIS性能评价指标如图4所示,图4为本发明提出的性能评价指标NIS与IOU性能评价指标对比图。

[0109] 对比图4中两条曲线可见,这两条曲线是通过图2、图3所示的跟踪场景及滤波器滤波结果得到的:当本发明的NIS性能指标出现了突然的大幅度下降并在以后的某一时刻迅速恢复时,这便可以判断在该时刻,滤波器对目标的形状估计滤波跟踪出现了漏估情况;在第3、5、8时刻由于目标的新生,滤波器由于其特性,对新生目标往往会出现一个时刻的漏估,而传统IOU性能评价指标,在横坐标第3、5、8时刻并未对漏估情况做出任何反应,这是因为传统IOU性能评价指标不能对形状估计滤波器在势估计错误中的过估与漏估情况做出反应,而反观本发明的NIS性能评价指标值,其出现了一个时刻的大幅度下降以反映该漏估情况。在横坐标第9到14时刻之间的时间段,本发明所提出的NIS性能指标值与IOU基本吻合,是因为该时间段内多群/扩展目标数目较少,滤波器在该跟踪场景下性能较优。但是在第14到第19时刻之间的时间段内,由于该时间段内观测区域内的多群/扩展目标数目的快速增长导致椭圆形状估计滤波器出现会较大的估计误差,其误差主要来源于椭圆朝向估计误差,但是该时间段内IOU性能评价指标值与第9到14时刻之间的时间段内的IOU值走势大体相等,这是由于IOU性能评价指标无法体现出椭圆形状估计中的椭圆长轴朝向误差,对比本发明提出的NIS性能评价指标,由于具有椭圆朝向估计误差惩罚的技术特点,所以指标值在原有的基础上,加入了一定惩罚,对椭圆形状估计椭圆朝向误差相对敏感,本发明提出的NIS性能评价指标值在第9到第14时刻之间的时间段内对比第14到第19时刻之间的时间段内数值走势,说明本发明对椭圆朝向误差检测精度更高。因此可以知道多群/扩展目标的SMC-RHM-PHD滤波器在群/扩展目标数目过多时,其滤波估计结果会出现比较严重的椭圆朝向误差。

[0110] 简而言之,本发明公开的多群/扩展目标椭圆形状估计评价方法,解决了目前性能评价指标体系不能反应目标估计中的过估与漏估以及椭圆长轴朝向估计误差的技术问题,实现步骤有(1)获取量测数据;(2)滤波器对量测数据滤波处理得到椭圆形状估计;(3)椭圆形状估计匹配;(4)计算IOU值;(5)得到椭圆长轴朝向误差惩罚后的性能评价指标数值(Aep);(6)根据判断,得到势估计错误惩罚后性能评价指标数值(Cep);(7)根据NIS值,评价滤波器性能;(8)判断传感器是否接收量测数据,若是,则更新时刻,继续滤波器性能评价,

否则,结束滤波器性能评价。本发明考虑椭圆长轴朝向估计误差以及过估或漏估情况,提出了通过椭圆形状估计匹配,选择惩罚函数对椭圆长轴朝向估计误差进行惩罚而后通过判断过估或漏估而后进行惩罚的解决方法以获得性能评价指标值,本发明的优点为对椭圆长轴朝向估计误差敏感还能实时体现过估或漏估情况,应用领域有目标识别、战场监视等军事领域以及视频监控、空中交通管制等民用领域。

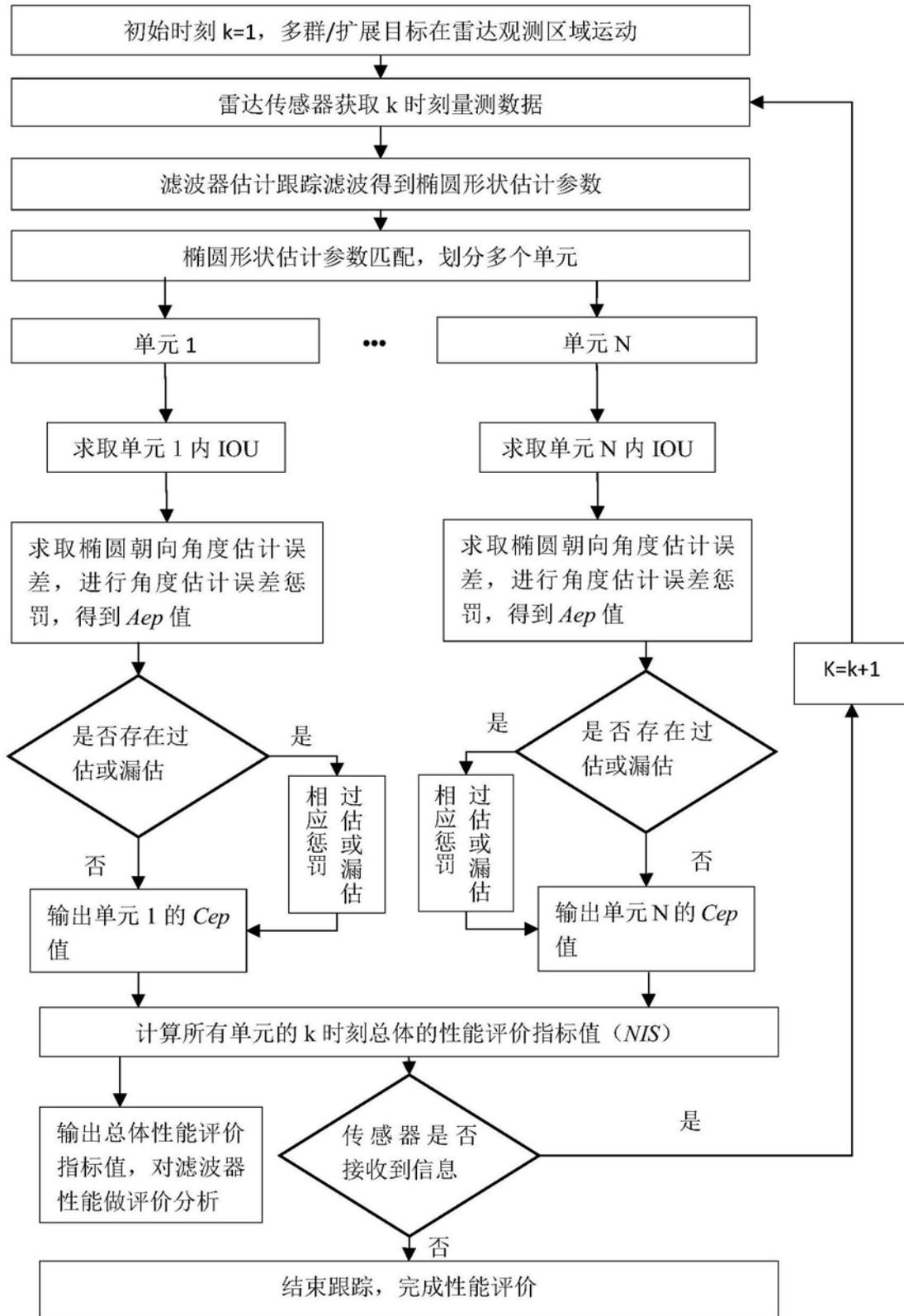


图1

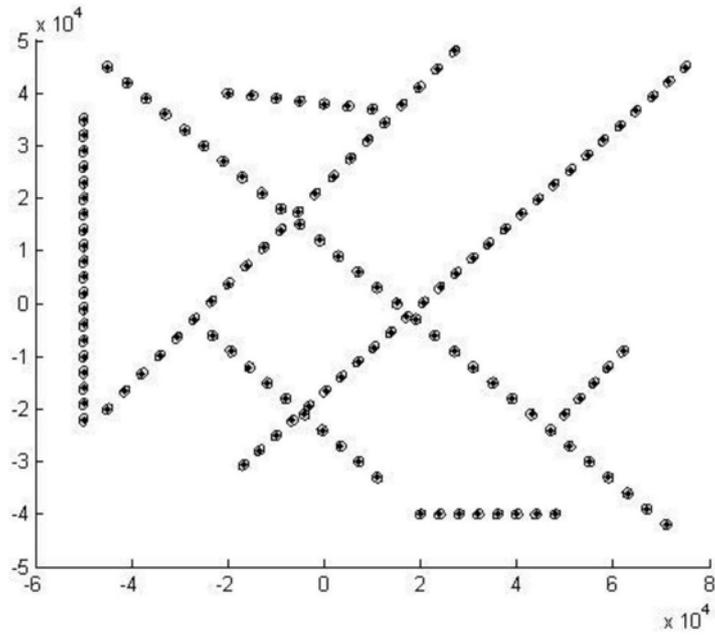
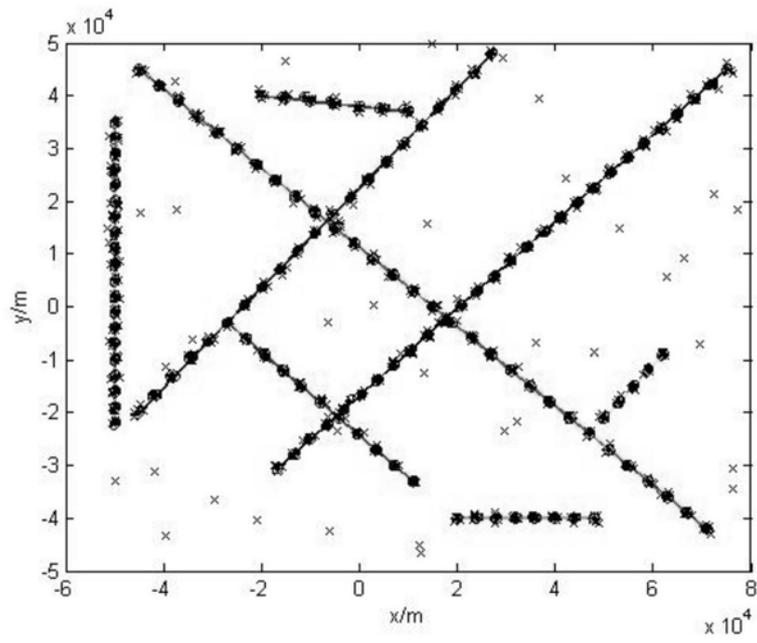


图2



(a)

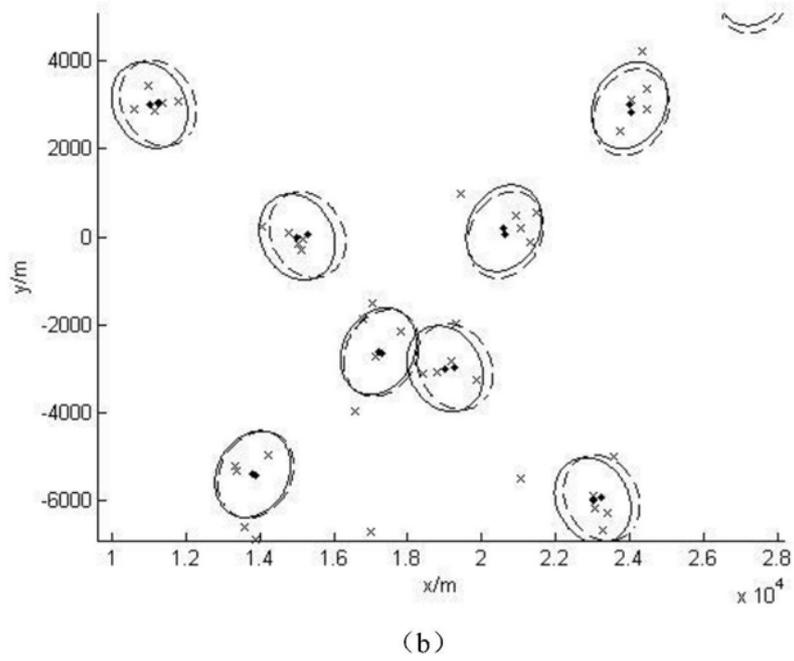


图3

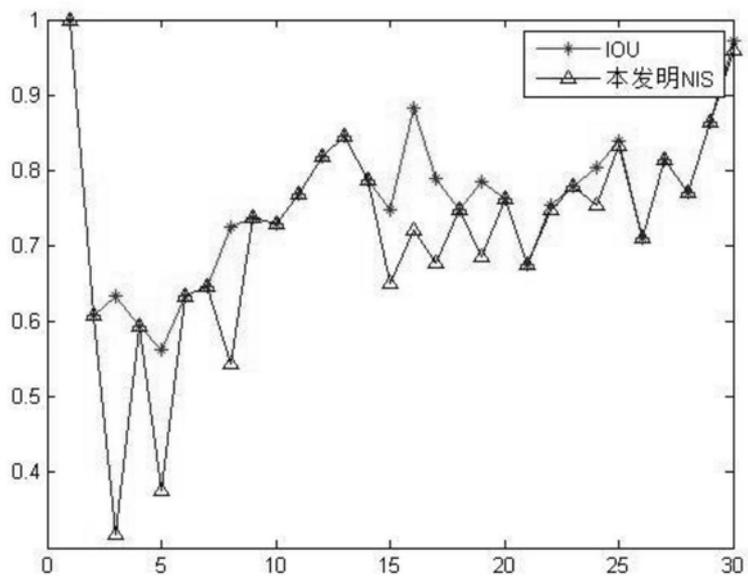


图4