



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107561527 B

(45) 授权公告日 2020.11.10

(21) 申请号 201710621893.5

FR 2939904 B1,2010.06.18

(22) 申请日 2017.07.27

CN 102176010 A,2011.09.07

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107561527 A

Phani Chavali et al..Concurrent

Particle Filtering and Data Association

Using Game Theory for Tracking Multiple

Maneuvering Targets.《IEEE TRANSACTIONS ON

SIGNAL PROCESSING》.2013,第61卷(第20期),第

4943-4948页.

(43) 申请公布日 2018.01.09

(73) 专利权人 中国船舶重工集团公司第七二四研究所

于振华等.一种雷达航迹融合技术的设计原理及实现.《舰船电子对抗》.2015,第38卷(第4期),第36-39页.

地址 210003 江苏省南京市中山北路346号

(72) 发明人 吕钢 尹晓燕 张冉

审查员 陈曦

(51) Int.Cl.

G01S 13/58 (2006.01)

G01S 7/40 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105353368 A,2016.02.24

CN 104280723 A,2015.01.14

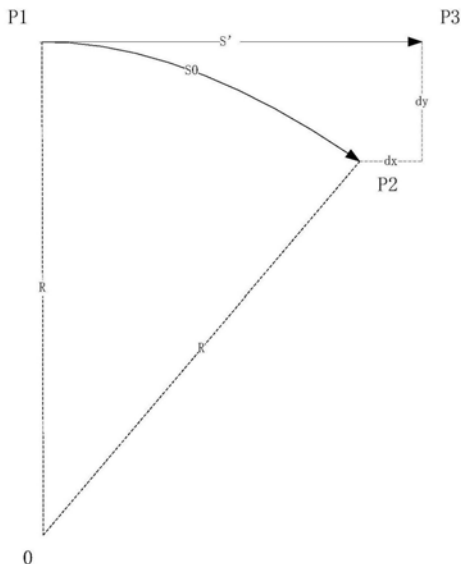
权利要求书1页 说明书3页 附图4页

(54) 发明名称

一种舰载雷达海目标航向航速高精度补偿计算方法

(57) 摘要

一种舰载雷达海目标航向航速高精度补偿计算方法,本发明涉及舰载雷达海目标航向航速计算,主要是针对在舰载雷达中本舰运动情况下的海目标的航向航速计算。舰载雷达观测到海目标形成了历史关联点迹,利用本舰航向航速信息将历史关联点迹由相对位置补偿为绝对位置,再采用最小二乘法,可以计算出海目标的绝对航向航速。对于某一个历史周期的关联点迹,补偿原则是使用从当前时间到该历史周期的时间段内所有本舰航向航速信息,因此,历史周期越久的航迹点,对应补偿的本舰航向航速信息也多。经分析,在本舰机动情况下由补偿带来的每秒位置误差为0.0874m,远远小于传统算法的误差0.8721m,大大提高了舰载雷达海目标航向航速计算的精确性。



1. 一种舰载雷达海目标航向航速高精度补偿计算方法,其特征在于:

(1) 保存本舰航向航速信息和雷达探测海目标若干周期的历史关联点迹;

(2) 将历史关联点迹时间和当前时间范围内的历史本舰航向航速挑选出来,利用公式(1)和公式(2)将每个历史关联点迹由相对位置补偿为绝对位置,其中公式(1)和公式(2)如下;

$$xx_i = x_i - \sum_{t_j > t_i} Vx_j * (t_{j-1} - t_j) \quad \text{公式 (1);}$$

$$yy_i = y_i - \sum_{t_j > t_i} Vy_j * (t_{j-1} - t_j) \quad \text{公式 (2);}$$

(3) 将补偿后的历史关联点迹输入最小二乘法系统;

(4) 根据最小二乘法求得拟合参数,计算得到目标绝对航向航速信息。

2. 根据权利要求1所述的一种舰载雷达海目标航向航速高精度补偿计算方法,其特征
在于:补偿原则是历史周期越久的关联点迹,对应的需要补偿的本舰航向航速信息越多。

一种舰载雷达海目标航向航速高精度补偿计算方法

技术领域

[0001] 本发明属于雷达数据处理技术。

背景技术

[0002] 随着雷达技术的发展,目标跟踪算法的不断研究更新,为了实现主动探测系统对目标高精度的实时跟踪,其任务不仅是准确测量目标的位置,而且还包括精确计算目标的航向航速。目前舰载雷达由于其本舰运动的特点,实际是匀速运动的海目标,由雷达相对看来,其目标的运动形式较为复杂,往往是非线性变化的。这是因为雷达本身可能在做非线性变化,目标的运动状态是由雷达运动状态和目标实际运动状态合成导致的。传统的方法只关注滤波方法的选择,而未对可利用的资源作全局分析取舍,这样不能很好的抓住问题的本质,只能产生事倍功半的结果,最典型的计算方法是通过先计算相对航向航速再与本舰航向航速合成得到,其中对相对航向航速的估计方法,采用kalman滤波或alpha-beta滤波等算法,或在此基础上做的适应性改进,其研究的滤波算法虽然能在一定程度上达到效果,但并未能满足实际使用的需求,传统方法已然不适用。

[0003] 本发明提出了通过将本舰航向航速信息补偿目标相对位置,再通过最小二乘法计算目标绝对航向航速,这样通过本舰航向航速信息补偿计算出来的结果误差较小,再经过最小二乘法滤波可以进一步减少由于目标位置突变带来的误差,经理论分析和实践检验,方法可行,目前在雷达目标跟踪航向航速参数计算应用方面有着良好的应用前景。

发明内容

[0004] 实现本发明目的的技术解决方案为:舰载雷达观测到海目标形成了历史关联点迹,根据历史关联点迹和最小二乘法原理,可以得到海目标的相对航向航速;而在舰上,由于雷达平台是运动的,求目标的绝对航向航速与本舰航向航速有关。本发明将本舰航向航速先补偿目标历史关联点迹得到目标绝对位置再计算目标的绝对航向航速,而不是通过目标历史关联点迹先计算目标相对航向航速再叠加本舰航向航速的方法。历史周期越久的关联点迹,对应补偿的本舰航向航速信息也多,从而积累的误差也大。即历史周期为N的关联点迹,补偿原则是从当前时间到该历史周期时间段内的所有本舰航向航速信息。

[0005] 本发明的显著优点为:目标绝对航向航速精度更高,能适应本舰的机动运动,计算成本低,其工程实现简单。本发明研究设计的这种新的数据处理技术能更好的满足作战使用要求,具有很高的推广应用价值。

附图说明

[0006] 图1是本舰在1s内实际走过的路线示例图;

[0007] 图2是补偿间隔为1s下不同历史周期的关联点迹对应的本舰运动误差 E_s ;

[0008] 图3是补偿间隔为1s下不同历史周期的关联点迹对应的补偿误差 E_a ;

[0009] 图4是补偿间隔为10s下不同历史周期的关联点迹对应的本舰运动误差 E_s ;

[0010] 图5是补偿间隔为10s下不同历史周期的关联点迹对应的补偿误差Ea;

[0011] 图6是方法二实现流程图。

具体实施方式

[0012] 下面结合实施例和附图对本发明技术方案具体说明。

[0013] 舰载雷达观测海目标,形成了历史关联点迹,设由历史关联点迹分解到x,y上的分量和时间t构成的数据为 $(x_i, y_i, t_i, i=1, 2, \dots, n)$, $i=0$ 为当前周期关联点迹, $i=1$ 为上个周期关联点迹,依次类推, i 越大历史越久。由于该雷达观测的是海目标,其数据率 f_t 不高,本发明实施例设为10s。

[0014] 在舰上,由于雷达平台是运动的,设本舰历史航向航速分解到x,y上的分量和时间t构成的数据为 $(V_{xj}, V_{yj}, t_j, j=0, 1, 2, \dots, m)$, $j=0$ 为当前时刻本舰航向航速信息, $j=1$ 为上个时刻本舰航向航速信息,依次类推, j 越大历史越久。该数据率 f_s 相对于 f_t 要高,本发明实施例设为1s。

[0015] 由于历史关联点迹是相当于本舰的相对点迹,根据它计算出来的航向航速是相对量,如果能把它直接转变为绝对量,就可以直接得到绝对航向航速结果。本发明实施例使用本舰航向航速信息和目标历史关联点迹采用如下公式,得到目标绝对位置分别为:

$$[0016] \quad xx_i = x_i - \sum_{t_j > t_i} V_{xj} * (t_{j-1} - t_j) \quad (1)$$

$$[0017] \quad yy_i = y_i - \sum_{t_j > t_i} V_{yj} * (t_{j-1} - t_j) \quad (2)$$

[0018] 该转换过程称之为本舰航向航速信息对历史关联点迹作补偿。由此可见,历史周期越久的关联点迹,对应补偿的本舰航向航速信息也多。目标航向航速的计算方法采用了最小二乘法,需要若干周期(本发明实施例假设为N个周期)的历史关联点迹,因此转换的绝对量与该最近的N个历史关联点迹有关,而与更早的历史关联点迹无关。根据最小二乘法原理求得经验公式分别为 $x = a_x t + b_x$ 和 $y = a_y t + b_y$,将补偿后的目标绝对位置代入经验公式用最小二乘法计算可得到目标绝对航向航速。有:

$$[0019] \quad s_x = \sum [xx_i - (a_x t_i + b_x)]^2 = \min \quad (3)$$

$$[0020] \quad s_y = \sum [yy_i - (a_y t_i + b_y)]^2 = \min \quad (4)$$

[0021] 可求得 a_x, a_y ,则绝对航向 $c = \arctan(a_y/a_x)$,绝对航速 $v = \sqrt{a_x^2 * a_x + a_y^2 * a_y}$ 。

[0022] 由于本发明实施例1s使用一次本舰航向航速信息,因此,补偿得到的目标绝对位置存在误差,其误差与本舰航向航速信息有关。对于本舰机动情况下,该误差表现的更加突出。传统的方法(下面简称方法一)是先求目标的相对航向航速,再叠加本舰的航向航速,其补偿数据率更低,因此误差较大。本发明实施例方法(下面简称方法二)是将本舰航向航速先补偿得到的目标绝对位置再计算目标的绝对航向航速,其补偿数据率较高,因此误差较小。下面理论计算并分析比较两种方法的误差大小。

[0023] 在上述假设的历史关联点迹和本舰航向航速信息的基础上,设本舰转向时航速为 $dv = 10\text{m/s}$,航向变化率 dc 为1度/s,如图1中所示 S_0 是本舰1s内实际走过的路线, S' 是补偿

算法近似路线, R 为转向半径, dx 和 dy 分别为切向和法向的每秒位置误差, 每秒位置误差为 dd , 则有:

$$[0024] \quad dd = \sqrt{dx^2 + dy^2} \quad (5)$$

[0025] 经计算, 有: $R=573.2484\text{m}$; $dx=-0.0046\text{m}$; $dy=0.0873\text{m}$; $dd=0.0874\text{m}$ 。

[0026] 设航迹历史周期为 N 个, 每个扫描周期为 $t=10\text{s}$, 补偿间隔为 1s 下不同历史周期的关联点迹对应本舰运动误差 E_s 和对应的补偿误差 E_a 分别如图2和3所示。

[0027] 而方法一先求目标的相对航向航速, 再叠加本舰航向航速, 相当于一个扫描周期做一次补偿, 根据上面假定其补偿间隔为 10s , 则误差计算如下:

[0028] $dx=0.04565\text{m}$; $dy=0.87089\text{m}$; $dd=0.8721\text{m}$

[0029] 方法一中补偿间隔为 10s , 不同历史周期的关联点迹对应本舰运动误差 E_s 和对应的补偿误差 E_a 分别如图4和5所示。

[0030] 根据两种方法的误差数据, 本发明选择方法二, 实现方法如下, 具体流程图如图6。

[0031] (1) 保存历史关联点迹和历史本舰航向航速信息;

[0032] (2) 将历史关联点迹时间和当前时间范围内的历史本舰航向航速挑选出来, 利用公式 (1) 和 (2) 将每个历史关联点迹由相对位置补偿为绝对位置;

[0033] (3) 将补偿后的历史关联点迹输入最小二乘法系统;

[0034] (4) 根据最小二乘法求得拟合参数, 绝对航向航速信息。

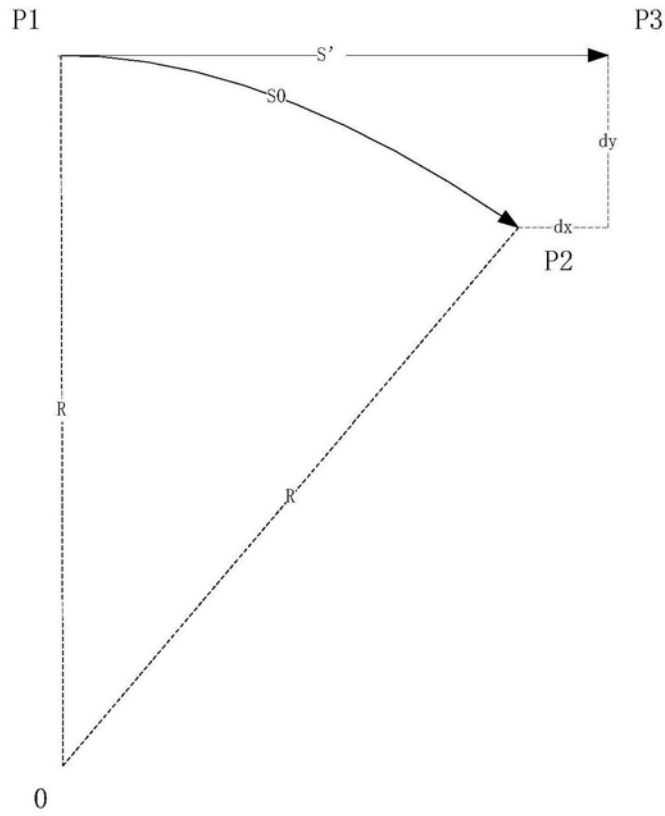


图1

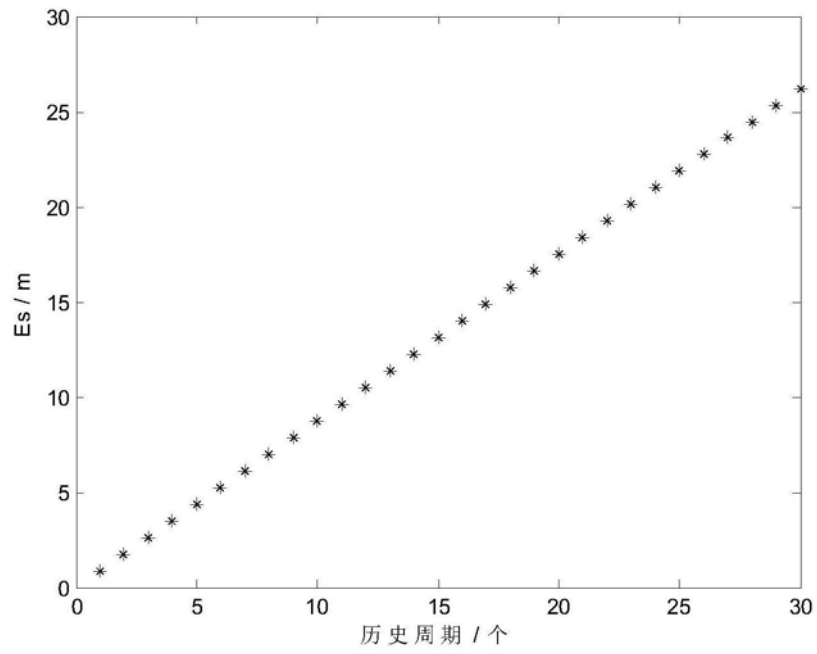


图2

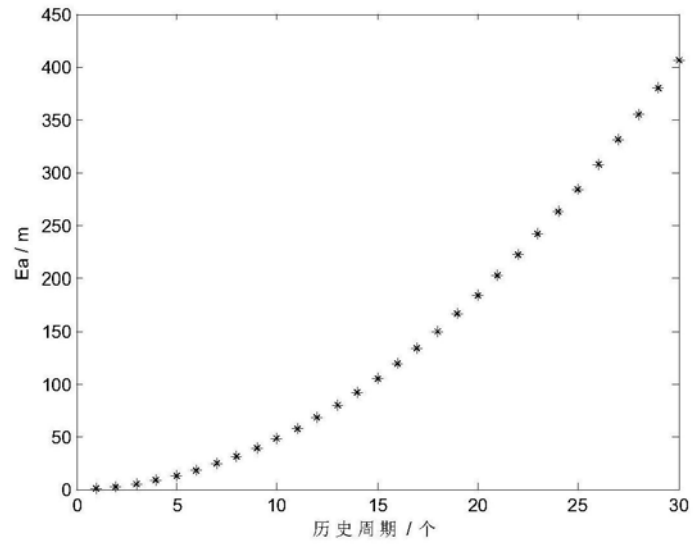


图3

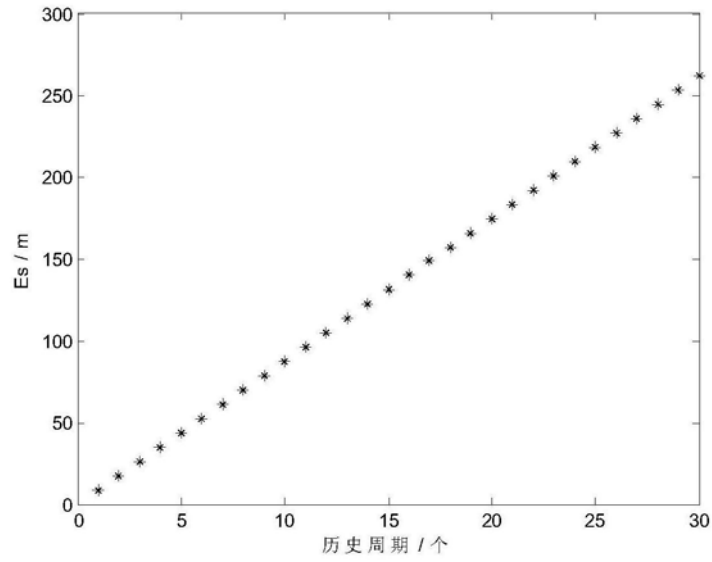


图4

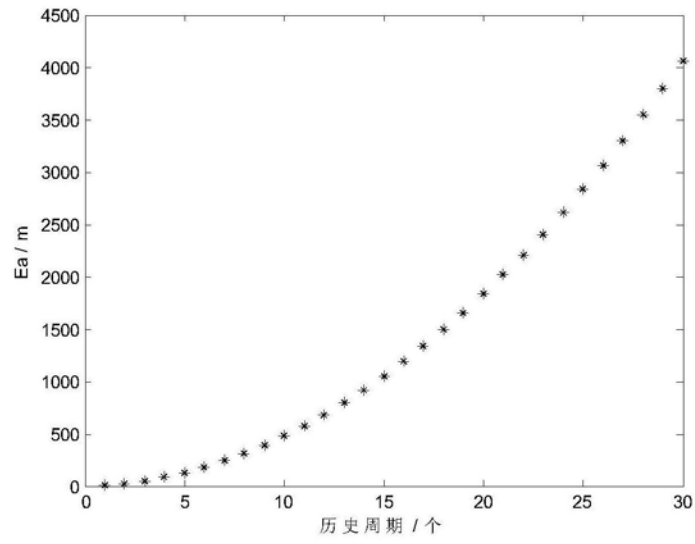


图5

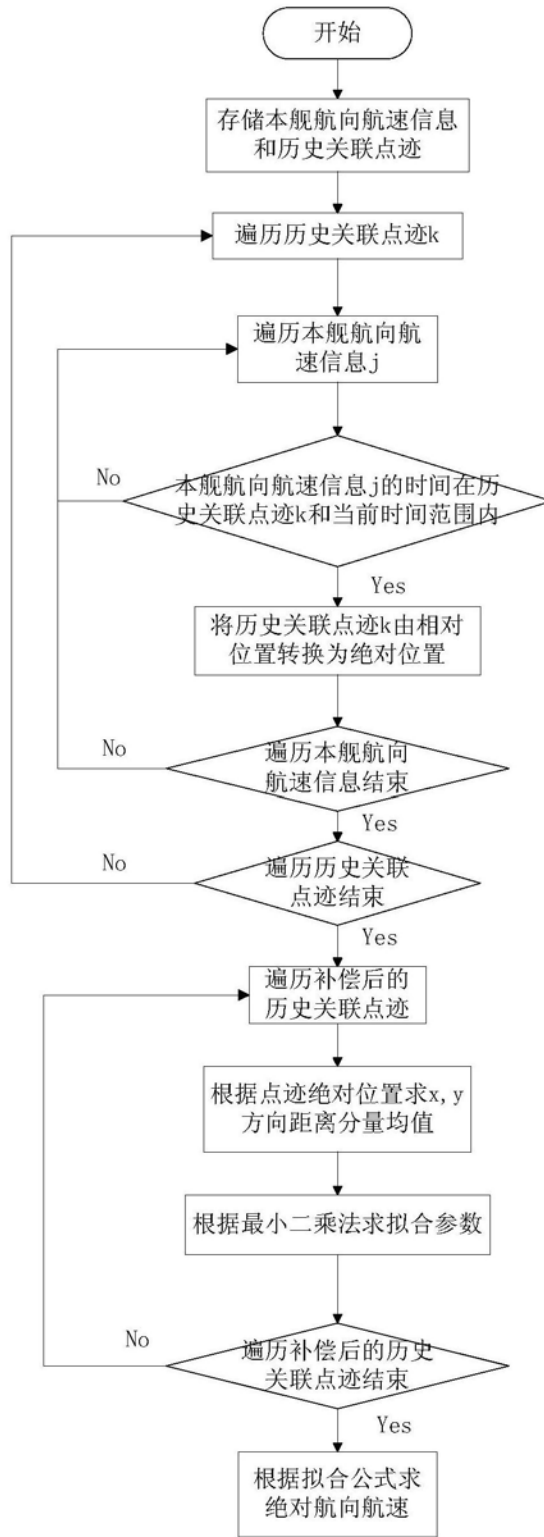


图6