



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113687327 B

(45) 授权公告日 2024. 04. 16

(21) 申请号 202111039905.6

(22) 申请日 2021.09.06

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113687327 A

(43) 申请公布日 2021.11.23

(73) 专利权人 西安长远电子工程有限责任公司
地址 710100 陕西省西安市长安区北方通
用电子集团
专利权人 西安电子工程研究所

(72) 发明人 姜洋 刘鹏飞 宋思盛 王博
翁晨

(74) 专利代理机构 西安凯多思知识产权代理事
务所(普通合伙) 61290
专利代理师 刘新琼

(51) Int. Cl.

G01S 7/41 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 112881993 A, 2021.06.01

CN 106772307 A, 2017.05.31

宋思盛等. 双基地雷达收发波束三维空间
同步方法. 科技创新与应用. 2019, 全文.

武江鹏; 宋萍; 郝创博; 李志达. 多弹丸时空
散布参数测试方法仿真研究. 兵工学报. 2015,

(10), 全文.

审查员 张耀天

权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种雷达探测弹丸虚假目标处理方法

(57) 摘要

本发明提供了一种雷达探测弹丸虚假目标处理方法, 首先通过目标的运动轨迹, 对每一维进行建模, 通过飞行轨迹来判断当前弹丸的处于侦察或者校射模式; 然后对模型与实际轨迹进行相关, 虚假的目标的轨迹与模型的相关性会非常小, 而真实目标与模型的相关性高, 模型如果高度相似后, 则进行弹丸的自身特征速度和加速进行判别。本发明能够对弹丸目标进行正确识别, 将虚假的目标有效的剔除。利用该识别方法对信号处理端目标数据进行处理, 能够很好地区分杂波虚警和弹丸目标, 从而使该型号雷达极大的减少了虚假目标的上报。



1. 一种雷达探测弹丸虚假目标处理方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一,计算方位与时间维度的二次曲线拟合;

在雷达天线阵面坐标下,将接收到的雷达目标数据整理得到点迹集合Q,包含方位正弦值sina、俯仰正弦值sine、距离r以及时标t;

从集合Q中取每个点迹方位正弦sina、距离r以及时标t,计算每个点的 $Y_n = \text{sina} * r$ 和时间间隔dt,得Y与dt的集合Q1;

通过Q1中每一个点的Y与时间dt进行二次曲线拟合,得到一个二次曲线方程 $y = at^2 + bt + c$,同时得到Q1中每一个点与二次拟合曲线的残差,计算Q1中每个点与其平均值的方差,通过残差和方差计算出相关系数以及标准残差;计算二次曲线抛物线的开口方向a、中轴线 $x = -b/2*a$ 以及y的平均值Ave;

如果 $a > 0$,即二次曲线开口向上;

此时若 $t_0 < \text{Axis} < t_n$ 则 $dy = 0$, t_0 表示该目标第一个点迹的时戳, t_n 表示该目标最后一个点迹的时戳;若 $\text{Axis} \leq t_0$ 即 $dy = 1$, $t_n \leq \text{Axis}$ 即 $dy = -1$;

如果 $a < 0$,即二次曲线开口向下;

此时若 $t_0 < \text{Axis} < t_n$ 则 $dy = 0$;若 $\text{Axis} \leq t_0$ 即 $dy = -1$, $t_n \leq \text{Axis}$ 即 $dy = 1$;

如果 $a = 0$,即 $dy = 0$;

步骤二,计算俯仰与时间维度的二次曲线拟合;

在雷达天线阵面坐标下得到上报点迹的集合Q2,计算Q2中每个点迹的高度 $Z = \text{sine} * r$,通过每一个点的Z与时间dt进行二次曲线拟合,得到一个二次曲线方程 $y' = a' t^2 + b' t + c'$;计算Q2中每个点与其平均值的方差,通过残差和方差计算出相关系数以及标准残差;计算二次曲线抛物线的开口方向a'、中轴线 $x' = -b' / 2 * a'$ 以及y'的平均值Aver' ;

如果 $a' > 0$,即二次曲线开口向上;

此时若 $t_0 < x' < t_n$ 则 $dz = 0$;若 $x' \leq t_0$ 即 $dz = 1$, $t_n \leq x'$ 即 $dz = -1$;

如果 $a' < 0$,即二次曲线开口向下;

此时若 $t_0 < x' < t_n$ 且 $dy > 0$,则 $dz = -1$,否则 $dz = 1$;若 $x' \leq t_0$ 即 $dz = -1$,若 $t_n \leq x'$ 即 $dz = 1$;

如果 $a' = 0$,即 $dz = 0$;

步骤三,根据dy和dz进行弹丸模式判断,如果 $dy * dz < 0$,则为真目标,如果 $dy > 0$ 则为校射模式, $dy \leq 0$ 则为侦察模式;如果 $dy * dz \geq 0$,则为假目标,输出判断结果;

步骤四,对集合Q2进行切割,如果是侦察模式则取中轴线左侧点迹数据生成集合Q3;如果是校射模式则取中轴线右侧点迹数据生成集合Q3;利用集合Q3中的俯仰正弦和距离计算每个点迹的高度Z,再与时间进行二次拟合得到 $y'' = a'' x^2 + b'' x + c''$,进而得到相关系数p3和残差res3;

对二次曲线 $y'' = a'' x^2 + b'' x + c''$ 求导,得速度与时间关系;如果是侦察模式则弹丸的出膛速度 $V = 2a'' * t_0 + b''$;如果是校射模式则弹丸的落地速度 $V = 2a'' * t_n + b''$;

对速度V进行求导,得加速度 $A = 2a''$;

步骤五,如果V的绝对值小于设定阈值S1则为假目标;如果相关系数P小于设定阈值S2则为假目标;如果标准残差pResY大于设定阈值S3则为假目标;如果加速度A的绝对值大于设定阈值S4则为假目标;如果相关系数P3小于设定阈值S5则为假目标;如果标准残差pResY

大于设定阈值S6则为假目标;其它情况都为真目标。

2. 根据权利要求1所述的雷达探测弹丸虚假目标处理方法,其特征在于,所述的步骤一中残差 $Res = (Y_1 - y_1)^2 + \dots + (Y_n - y_n)^2$;所述的方差 $Total = (y_1 - Ave)^2 + \dots + (y_n - Ave)^2$;所述的标准残差 $pResY = \sqrt{Res / (n-1)}$;所述的相关系数 $P = 1 - Res / Total$ 。

3. 根据权利要求1所述的雷达探测弹丸虚假目标处理方法,其特征在于,所述的步骤二中残差 $res2 = (Z_1 - y' 1)^2 + \dots + (Z_n - y' n)^2$;所述的方差 $Total = (y' 1 - Aver')^2 + \dots + (y' n - Aver')^2$;所述的标准残差 $pResZ = \sqrt{Res / (n-1)}$;所述的相关系数 $p2 = 1 - res2 / Total$ 。

4. 根据权利要求1所述的雷达探测弹丸虚假目标处理方法,其特征在于,所述的步骤五中设定阈值S1为30;设定阈值S2为0.9;设定阈值S3为50;设定阈值S4为70;设定阈值S5为0.9;设定阈值S6为50。

一种雷达探测弹丸虚假目标处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种目标识别方法,适用于雷达探测领域。

背景技术

[0002] 信号处理端输出的目标包括真实目标和虚假目标,如何更好的将真实目标上报以及有效的剔除虚假目标是一项重要的工作。

[0003] 目前炮位侦察校射雷达对虚假目标的识别能力参差不齐,且存在环境虚警率大、影响雷达对弹丸目标的识别、误将虚假目标识别成弹丸目标等问题。在这种情况下,需要提高弹丸的识别概率,在数据处理阶段剔除虚假目标,以达到上报真实目标之目的。

[0004] 过去剔除虚假目标一般使用一维的数据处理方法,只是从方位、俯仰和距离三个方面进行单一的判断,看是否符合飞行轨迹的规律。例如,某型号雷达的虚假目标处理方法,分别对方位、俯仰、距离维逐一进行判断,这种方式首先需要明确雷达当前的模式类型是侦察或者校射,在模式确定后,根据模式特性来判断弹丸飞行的特征,比如侦察模式下,俯仰维必须是逐渐递增,距离维越来越小,这些是侦察模式下的弹丸具有的特征。实际情况弹丸的飞行特征的确符合这种特征,但是由于雷达测量带来的误差等其他因素,可能会导致点和点之间的测量值不符合上述描述的特征,或处于临界状态,就会被认为是假目标。如果是虚假的目标形成的轨迹,只是单单从某一维去判断,很容易被识别为真目标。

[0005] 上述处理方法局限了雷达的单一工作模式侦察或者校射,不同的雷达测量误差不同,导致其概率不一样,准确识别率低。

发明内容

[0006] 为了克服现有技术的不足,本发明提供一种雷达探测弹丸虚假目标处理方法,对单维平滑处理雷达测量误差等因素用多维度结合起来的方法进行判别,充分考虑弹丸的飞行速度、加速度、飞行轨迹等判决条件,能够有效区分杂波虚警和弹丸目标,从而极大的减少虚假目标的上报。

[0007] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案包括以下步骤:

[0008] 步骤一,计算方位与时间维度的二次曲线拟合;

[0009] 在雷达天线阵面坐标下,将接收到的雷达目标数据整理得到点迹集合 Q ,包含方位正弦值 $\sin a$ 、俯仰正弦值 $\sin e$ 、距离 r 以及时标 t ;

[0010] 从集合 Q 中取每个点迹方位正弦 $\sin a$ 、距离 r 以及时标 t ,计算每个点的 $Y_n = \sin a * r$ 和时间间隔 dt ,得 Y 与 dt 的集合 Q_1 ;

[0011] 通过 Q_1 中每一个点的 Y 与时间 dt 进行二次曲线拟合,得到一个二次曲线方程 $y = at^2 + bt + c$,同时得到 Q_1 中每一个点与二次拟合曲线的残差,计算 Q_1 中每个点与其平均值的方差,通过残差和方差计算出相关系数以及标准残差;计算二次曲线抛物线的开口方向 a 、中轴线 $x = -b/2*a$ 以及 y 的平均值 Ave ;

[0012] 如果 $a > 0$,即二次曲线开口向上;

[0013] 此时若 $t_0 < \text{Axis} < t_n$ 则 $dy=0$, t_0 表示该目标第一个点迹的时戳, t_n 表示该目标最后一个点迹的时戳;若 $\text{Axis} \leq t_0$ 即 $dy=1$, $t_n \leq \text{Axis}$ 即 $dy=-1$;

[0014] 如果 $a < 0$,即二次曲线开口向下;

[0015] 此时若 $t_0 < \text{Axis} < t_n$ 则 $dy=0$;若 $\text{Axis} \leq t_0$ 即 $dy=-1$, $t_n \leq \text{Axis}$ 即 $dy=1$;

[0016] 如果 $a=0$,即 $dy=0$;

[0017] 步骤二,计算俯仰与时间维度的二次曲线拟合;

[0018] 在雷达天线阵面坐标下得到上报点迹的集合Q2,计算Q2中每个点迹的高度 $Z = \text{sine} * r$,通过每一个点的Z与时间dt进行二次曲线拟合,得到一个二次曲线方程 $y' = a' t^2 + b' t + c'$;计算Q2中每个点与其平均值的方差,通过残差和方差计算出相关系数以及标准残差;计算二次曲线抛物线的开口方向 a' 、中轴线 $x' = -b' / 2 * a'$ 以及 y' 的平均值 Aver' ;

[0019] 如果 $a' > 0$,即二次曲线开口向上;

[0020] 此时若 $t_0 < x' < t_n$ 则 $dz=0$;若 $x' \leq t_0$ 即 $dz=1$, $t_n \leq x'$ 即 $dz=-1$;

[0021] 如果 $a' < 0$,即二次曲线开口向下;

[0022] 此时若 $t_0 < x' < t_n$ 且 $dy > 0$,则 $dz=-1$,否则 $dz=1$;若 $x' \leq t_0$ 即 $dz=-1$,若 $t_n \leq x'$ 即 $dz=1$;

[0023] 如果 $a' = 0$,即 $dz=0$;

[0024] 步骤三,根据 dy 和 dz 进行弹丸模式判断,如果 $dy * dz < 0$,则为真目标,如果 $dy > 0$ 则为校射模式, $dy \leq 0$ 则为侦察模式;如果 $dy * dz \geq 0$,则为假目标,输出判断结果;

[0025] 步骤四,对集合Q2进行切割,如果是侦察模式则取中轴线左侧点迹数据生成集合Q3;如果是校射模式则取中轴线右侧点迹数据生成集合Q3;利用集合Q3中的俯仰正弦和距离计算每个点迹的高度Z,再与时间进行二次拟合得到 $y'' = a'' x^2 + b'' x + c''$,进而得到相关系数 p_3 和残差 res_3 ;

[0026] 对二次曲线 $y'' = a'' x^2 + b'' x + c''$ 求导,得速度与时间关系;如果是侦察模式则弹丸的出膛速度 $V = 2a'' * t_0 + b''$;如果是校射模式则弹丸的落地速度 $V = 2a'' * t_n + b''$;

[0027] 对速度V进行求导,得加速度 $A = 2a''$;

[0028] 步骤五,如果V的绝对值小于设定阈值S1则为假目标;如果相关系数P小于设定阈值S2则为假目标;如果标准残差 $p_{\text{Res}Y}$ 大于设定阈值S3则为假目标;如果加速度A的绝对值大于设定阈值S4则为假目标;如果相关系数 P_3 小于设定阈值S5则为假目标;如果标准残差 $p_{\text{Res}Y}$ 大于设定阈值S6则为假目标;其它情况都为真目标。

[0029] 所述的步骤一中残差 $\text{Res} = (Y_1 - y_1)^2 + \dots + (Y_n - y_n)^2$;所述的方差 $\text{Total} = (y_1 - \text{Ave})^2 + \dots + (y_n - \text{Ave})^2$;所述的标准残差 $p_{\text{Res}Y} = \sqrt{(\text{Res} / (n - 1))}$;所述的相关系数 $P = 1 - \text{Res} / \text{Total}$ 。

[0030] 所述的步骤二中残差 $\text{res}_2 = (Z_1 - y'_1)^2 + \dots + (Z_n - y'_n)^2$;所述的方差 $\text{Total} = (y'_1 - \text{Aver}')^2 + \dots + (y'_n - \text{Aver}')^2$;所述的标准残差 $p_{\text{Res}Z} = \sqrt{(\text{Res} / (n - 1))}$;所述的相关系数 $p_2 = 1 - \text{res}_2 / \text{Total}$ 。

[0031] 所述的步骤五中设定阈值S1为30;设定阈值S2为0.9;设定阈值S3为50;设定阈值S4为70;设定阈值S5为0.9;设定阈值S6为50。

[0032] 本发明的有益效果是:首先通过目标的运动轨迹,对每一维进行建模,使用建模可避免点与点之间的不符合飞行轨迹的问题,通过飞行轨迹来判断当前弹丸的处于侦察或者

校射模式,不会局限雷达模式,这样雷达能够同时执行侦察和校射任务;然后对建模后的模型与实际轨迹进行相关,虚假的目标的轨迹与模型的相关性会非常小,而真实目标与模型的相关性高,模型如果高度相似后,则进行弹丸的自身特征速度和加速进行判别。

[0033] 本发明能够对弹丸目标进行正确识别,将虚假的目标有效的剔除。利用该识别方法对信号处理端目标数据进行处理,能够很好地区分杂波虚警和弹丸目标,从而使该型号雷达极大的减少了虚假目标的上报。

附图说明

[0034] 图1是本发明的方法流程图。

具体实施方式

[0035] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明,本发明包括但不限于下述实施例。

[0036] 本发明针对炮位侦察校射雷达,对雷达上报的目标数据进行数据处理,剔除虚假的目标,得到真实的数据。对接收到的目标数据,通过该方法对数据进行不同维度坐标点的二次曲线拟合,得到相关系数、残差、速度以及加速度值,与实际的弹丸门限值进行比较,剔除虚假的目标信息,上报真实弹丸目标。

[0037] 以某型号侦察校射雷达炮位侦察模式下接收到雷达前端上报的目标数据为例,格式为时间戳、方位正弦值、俯仰正弦值、距离,本发明包括以下步骤:

[0038] 步骤一:计算方位与时间维度的二次曲线拟合,近似的将弹丸的飞行轨迹看成抛物线;

[0039] 1) 在雷达天线阵面坐标下,接收到雷达目标数据进行整理得到点迹集合Q,包含方位正弦值(sina)、俯仰正弦值(sine)、距离(r-m)以及时标(t-ms);

[0040] 2) 从集合Q中取每个点迹方位正弦(sina)、距离(r)以及时标,计算 $Y_n = \text{sina} * r$ 和时间间隔dt;得Y与dt的集合Q1;

[0041] 3) 通过Q1中每一个点的Y与时间dt进行二次曲线拟合(利用最小二乘法),得到一个二次曲线方程 $y = at^2 + bt + c$,同时会得到相关系数(原始数据与二次拟合曲线)和残差(真实值与拟合),计算二次曲线抛物线的开口方向(a)和中轴线($x = -b/2*a$)以及y的平均值Ave;

[0042] 残差: $\text{Res} = (Y_1 - y_1)^2 + \dots + (Y_n - y_n)^2$;

[0043] 方差: $\text{Total} = (y_1 - \text{Ave})^2 + \dots + (y_n - \text{Ave})^2$;

[0044] 标准残差: $\text{pResY} = \sqrt{(\text{Res} / (n - 1))}$;

[0045] 相关系数: $P = 1 - \text{Res} / \text{Total}$;

[0046] 4) 判断二次曲线的中轴线: $\text{Axis} = -b/2*a$ 以及开口方向;

[0047] 5) 如果 $a > 0$,即二次曲线开口向上;

[0048] i. $t_0 < \text{Axis} < t_n$ 中轴线在中间必为假目标,即 $dy = 0$; t_0 表示该目标的第一个点迹的时戳, t_n 表示该目标最后一个点迹的时戳;

[0049] ii. $\text{Axis} < t_0$ 中轴线在左侧,单调升,即 $dy = 1$;

[0050] iii. $t_n < \text{Axis}$ 中轴线在右侧,单调减,即 $dy = -1$;

- [0051] 6) 如果 $a < 0$, 即二次曲线开口向下;
- [0052] i. $t_0 < \text{Axis} < t_n$ 中轴线在中间必为假目标, 即 $dy = 0$;
- [0053] ii. $\text{Axis} \leq t_0$ 中轴线在右侧, 单调减, 即 $dy = -1$;
- [0054] iii. $t_n \leq \text{Axis}$ 中轴线在左侧, 单调升, 即 $dy = 1$;
- [0055] 7) 如果 $a = 0$, 即 $dy = 0$;
- [0056] 步骤二: 计算俯仰与时间维度的二次曲线拟合, 近似的将弹丸的轨迹看成抛物线;
- [0057] 1) 在雷达天线阵面坐标下, 通过上报的点迹的Q2集合, 利用俯仰正弦、距离、计算每个点迹的 $Z = \text{sine} * r$, 通过每一个点的Z与时间dt进行二次曲线拟合, 得到一个二次曲线方程 $y' = a' t^2 + b' t + c'$;
- [0058] 2) 可得到相关系数 p_2 和残差 res_2 以及 y' 的平均值 Aver' ;
- [0059] 残差: $\text{res}_2 = (Z_1 - y'_1)^2 + \dots + (Z_n - y'_n)^2$;
- [0060] 方差: $\text{Total} = (y'_1 - \text{Aver}')^2 + \dots + (y'_n - \text{Aver}')^2$;
- [0061] 标准残差: $p\text{Res}_Z = \sqrt{(\text{Res} / (n - 1))}$;
- [0062] 相关系数: $p_2 = 1 - \text{res}_2 / \text{Total}$;
- [0063] 3) 判断二次曲线的中轴线: $x' = -b' / 2 * a'$ 以及开口方向;
- [0064] 4) 如果 $a' > 0$, 即二次曲线开口向上;
- [0065] i. $t_0 < x' < t_n$ 中轴线在中间必为假目标, 即 $dz = 0$;
- [0066] ii. $x' \leq t_0$ 中轴线在左侧, 单调升, 即 $dz = 1$;
- [0067] iii. $t_n \leq x'$ 中轴线在右侧, 单调减, 即 $dz = -1$;
- [0068] 5) 如果 $a' < 0$, 即二次曲线开口向下;
- [0069] i. $t_0 < x' < t_n$ 中轴线在中间, 如果 $dy > 0$, 则 $dz = -1$, 否则 $dz = 1$;
- [0070] ii. $x' \leq t_0$ 中轴线在右侧, 单调减, 即 $dz = -1$;
- [0071] iii. $t_n \leq x'$ 中轴线在左侧, 单调升, 即 $dz = 1$;
- [0072] 6) 如果 $a' = 0$, 即 $dz = 0$;
- [0073] 步骤三: 得到 dy 和 dz 后进行弹丸模式判断;
- [0074] 1) 如果 $dy * dz < 0$, 则为真目标, 如果 $dy > 0$ 则为校射模式, $dy \leq 0$ 则为侦察模式;
- [0075] 2) 如果 $dy * dz \geq 0$, 则为假目标, 输出判断结果;
- [0076] 步骤四: 原始点集合Q2进行切割得到新的点迹集合Q3;
- [0077] 1) 对原始点集合Q2进行切割, 切割的准则如下;
- [0078] i. 如果是侦察模式取中轴线左侧点迹数据生成Q3集合;
- [0079] ii. 如果是校射模式取中轴线右侧点迹数据生成Q3集合;
- [0080] 2) Q3集合包含俯仰正弦 (sine) 和距离 (R), 利用 sine 和 R 计算每个点迹的Z (高度), 与时间进行二次拟合得到 $y'' = a'' x^2 + b'' x + c''$, 利用步骤二中的步骤2) 可得到相关系数 p_3 和残差 res_3 ;
- [0081] 3) 对二次曲线 $y'' = a'' x^2 + b'' x + c''$ 求导, 得速度与时间关系, 即 $y''' = 2a'' x + b''$;
- [0082] i. 如果是侦察模式则弹丸的出膛速度为 $V = 2a'' * t_0 + b''$;
- [0083] ii. 如果是校射模式则弹丸的落地速度为 $V = 2a'' * t_n + b''$;
- [0084] 4) 对速度 V 进行求导, 可得加速度, 即加速度 $A = 2a''$;
- [0085] 步骤五: 对上述步骤中得到的值进行判断

[0086] 1) 如果V的绝对值小于30(该门限值为迫击炮门限,可根据不同型号弹丸装药进行调整)则为假目标;

[0087] 2) 如果相关系数P小于0.9,则为假目标;

[0088] 3) 如果标准残差pResY大于50,则为假目标;

[0089] 4) 如果加速度A的绝对值大于70(该门限值为迫击炮门限,可根据不同型号弹丸装药进行调整)则为假目标;

[0090] 5) 如果相关系数P3小于0.9,则为假目标;

[0091] 6) 如果标准残差pResY大于50,则为假目标;

[0092] 7) 其它情况都为真目标。

[0093] 表1采用本发明后的实测数据

[0094]

编号	时间	北	东	高	方位	距离	可信	幅度	属性
1	07:13:27	3826162	398719	154	8.9°	14.2	高	148	HNS
2	07:14:00	3830196	397089	153	26.5	14.2	高	147	HNS
3	07:14:13	3821505	403292	153	-17.8	14.2	高	146	HNS
4	07:14:13	3830223	397078	156	26.6	14.2	高	147	HNS
5	07:14:13	3828133	397741	156	17.8	14.2	高	146	HNS
6	07:14:13	3820491	405238	153	-26.6	14.2	高	146	HNS
7	07:14:13	3826167	398717	152	8.9	14.2	高	148	HNS
8	07:16:50	3830003	398343	156	24.4	13	高	88	HNS
9	07:26:33	3830007	398347	154	24.4	13	高	85	HNS

[0095] 如表1所示,在该外场试验中使用本发明,改进前后虚假目标的外推减少90%以上,绝大部分假目标通过不同维度的判决条件过滤掉,真实目标得到了外推。



图1