



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109683160 B

(45)授权公告日 2019.06.18

(21)申请号 201910206487.1

(22)申请日 2019.03.19

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109683160 A

(43)申请公布日 2019.04.26

(73)专利权人 长沙深之瞳信息科技有限公司
地址 410008 湖南省长沙市开福区湘雅路
街道芙蓉中路一段288号盛大金禧金
融中心8楼

(72)发明人 邓峰 蒋伟明 王雅敏 刘忠

(74)专利代理机构 长沙楚为知识产权代理事务
所(普通合伙) 43217
代理人 李大为

(51)Int.Cl.
G01S 13/88(2006.01)

(56)对比文件

CN 103197290 A,2013.07.10,
CN 106680809 A,2017.05.17,
CN 108919247 A,2018.11.30,
CN 107132512 A,2017.09.05,
CN 106814353 A,2017.06.09,
US 2011025546 A1,2011.02.03,

审查员 赵雅琴

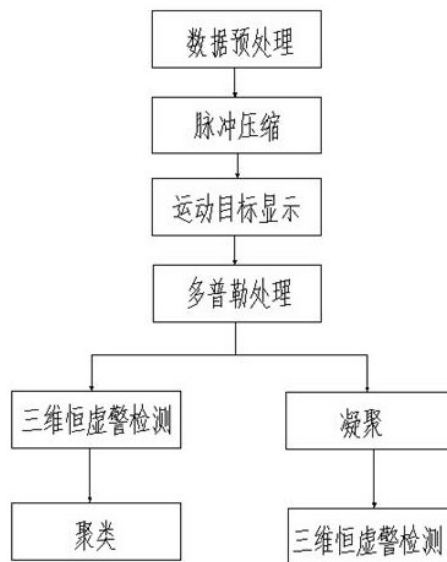
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种适用于穿墙雷达的目标检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种适用于穿墙雷达的目标检测方法,通过雷达向目标发射信号波,得到原始回波数据,并对原始回波数据进行预处理;通过匹配滤波器进行脉冲压缩,通过MTI滤波器对静止目标进行抑制,得到运动目标显示数据;通过多普勒滤波器组,得到运动目标的多普勒频率-距离-角度维数据;对运动目标的多普勒频率-距离-角度维数据先进行三维恒虚警检测,然后对检测结果进行聚类,识别显动目标的数量和位置;对运动目标的多普勒频率-距离-角度维数据进行凝聚,确定目标的数量和位置,然后对凝聚出来的数量进行三维恒虚警检测,识别出微动目标。本发明将显动目标和微动目标的检测流程分离,提供不同检测方法以提高目标的检测概率。



1. 一种适用于穿墙雷达的目标检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1,通过雷达向目标发射信号波,对接收到的回波信号与发射信号进行混频处理,得到原始回波数据,并对原始回波数据进行预处理;

S2,将预处理后的回波数据通过匹配滤波器进行脉冲压缩,得到回波数据的距离维信息;

S3,将脉冲压缩后的回波数据通过MTI滤波器对静止目标进行抑制,得到运动目标显示数据;

S4,将运动目标显示数据通过多普勒滤波器组,得到运动目标的多普勒频率-距离-角度维数据;

S5,在步骤S4的基础上对运动目标的多普勒频率-距离-角度维数据先进行三维恒虚警检测,然后对检测结果进行聚类,识别运动目标的数量和位置;

S6,在步骤S4的基础上对运动目标的多普勒频率-距离-角度维数据进行凝聚,确定目标的数量和位置,然后对凝聚出来的数量进行三维恒虚警检测,识别出微动目标。

2. 根据权利要求1所述的一种适用于穿墙雷达的目标检测方法,其特征在于,所述将原始回波数据预处理是将采集原始回波数据后通过一个幅度检测器,所述幅度检测器用于检测幅度是否饱和对原始回波数据增益进行调整。

3. 根据权利要求1所述的一种适用于穿墙雷达的目标检测方法,其特征在于,假设回波为 $x(t)$,匹配滤波器冲击响应为 $h(t)$,则所述脉冲压缩的结果为 $y(t) = x(t) \otimes h(t)$,其中 \otimes 表示卷积运算。

4. 根据权利要求1所述的一种适用于穿墙雷达的目标检测方法,其特征在于,所述运动目标显示数据的计算公式为: $y_{MTI}(t) = y(t) \otimes h_{MTI}(t)$

其中 $h_{MTI}(t)$ 表示MTI滤波器的单位冲激响应函数, $y(t)$ 为脉冲压缩结果。

5. 根据权利要求4所述的一种适用于穿墙雷达的目标检测方法,其特征在于,所述运动目标多普勒频率-距离-角度维数据的计算公式为:

$$y_{MTD}^k(t) = y_{MTI}(t) \otimes h_{MTD}^k(t)$$

其中 $y_{MTD}^k(t)$ 表示第k个多普勒滤波器的输出数据, $h_{MTD}^k(t)$ 表示第k个多普勒滤波器的单位冲激响应函数。

6. 根据权利要求1所述的一种适用于穿墙雷达的目标检测方法,其特征在于,所述三维恒虚警检测的步骤包括:

S51,求得三维数据内单个数据块近邻域的幅度均值;

S52,根据单个数据领域均值求得单个数据块远邻域的幅度均值;

S53,设定门限值,若单个数据块近邻域的幅度均值与远邻域的均值之间的比值大于门限值则表示单个数据块中有目标,若单个数据块近邻域的幅度均值与远邻域的均值之间的比值小于门限值则表示单个数据块中没有目标;

S54,计算出检测出来的目标个数和位置。

7. 根据权利要求1所述的一种适用于穿墙雷达的目标检测方法,其特征在于,所述聚类

的步骤包括：

S511,在三维恒虚警检测结果的基础上,构建隶属度函数;

S512,通过隶属度函数构建代价函数;

S513,最小化代价函数即可得到聚类数目和位置。

8.根据权利要求7所述的一种适用于穿墙雷达的目标检测方法,其特征在于,所述隶属度函数的公式为:

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1m-1} & u_{1m} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2m-1} & u_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ u_{N1} & u_{N2} & \cdots & u_{Nm-1} & u_{Nm} \end{bmatrix}$$

其中, $\sum_{j=1}^m u_{ij} = 1, i = 1, \dots, N$, $u_{ij} \in [0, 1], i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, m$,

$$0 < \sum_{i=1}^N u_{ij} < N, j = 1, 2, \dots, m,$$

N表示三维恒虚警检测结果的数量,m表示聚类后显动目标的个数。

9.根据权利要求8所述的一种适用于穿墙雷达的目标检测方法,其特征在于,所述代价函数的公式为:

$$\mathbf{J}(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{U}) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m u_{ij} d(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\theta}_j) + m$$

其中, $\boldsymbol{\theta}$ 是聚类表示矩阵, $d(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\theta}_j)$ 表示元素 \mathbf{x}_i 到聚类中心 $\boldsymbol{\theta}_j$ 的距离,N表示三维恒虚警检测结果的数量,m表示聚类后显动目标的个数。

10.根据权利要求1所述的一种适用于穿墙雷达的目标检测方法,其特征在于,所述对运动目标的多普勒频率-距离-角度维数据进行凝聚是通过构建值函数来实现的,所述值函数的公式为:

$$I(x_{\bar{k}+1}, k+1) = \max [I(x_{\bar{k}}, k)] + z_{xy}(k+1)$$

其中 $I(x_{\bar{k}}, k)$ 表示k时刻目标的值函数, $z_{xy}(k+1)$ 表示k+1时刻的量测,且

$$I(x_1, 1) = z_{xy}(1)。$$

一种适用于穿墙雷达的目标检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及穿墙雷达技术领域,尤其涉及一种适用于穿墙雷达的目标检测方法。

背景技术

[0002] 穿墙雷达能够对建筑物后的目标进行探测和区分,在生命迹象探测,动目标动作识别、多目标探测方面有着许多的具体应用。在军事上,穿墙雷达可以很好地穿透墙体,对建筑物后面的敌方士兵进行检测识别;在警备安防上,穿墙雷达可以获取建筑物内的犯罪分子的位置信息,在公安武警等执法部门进行侦查和抓捕行动中起到重要作用;在抗震救灾上,穿墙雷达可以灾后现场的建筑物进行探测,可以很好地辅助救灾人员的救援工作;目前国内外对穿墙雷达的已有较多研究,例如以色列的Cameron公司开发的Xaver系列雷达,针对不同用户需求,有1D手持穿墙雷达,2D成像雷达以及3D成像雷达,其分辨率可达到5cm,产品全面,性能较好,国内的有华诺星空的CE系列雷达,有1D和2D穿墙雷达,分辨率在30cm,性能较好。

[0003] 专利号为201710632132公开了一种基于多功能超宽带穿墙雷达的动静目标检测方法及系统,包括确定穿墙雷达检测目标的模式,采用接收机的信号,共采集 $M*N$ 组; M 是有效脉冲长度,代表距离向数据; N 是脉冲组数,代表速度向数据;该发明能够切换动静目标的检测方式,但不能区分显动目标与微动目标,检测出的结果偏差比较大。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是提供一种适用于穿墙雷达的目标检测方法,该方法将显动目标和微动目标的检测流程分离,提供不同检测方法以提高目标的检测概率。

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明采用以下技术方案:一种适用于穿墙雷达的目标检测方法,包括以下步骤:

[0006] S1,通过雷达向目标发射信号波,对接收到的回波信号与发射信号进行混频处理,得到原始回波数据,并对原始回波数据进行预处理;

[0007] S2,将预处理后的回波数据通过匹配滤波器进行脉冲压缩,得到回波数据的距离维信息;

[0008] S3,将脉冲压缩后的回波数据通过MTI(动目标显示)滤波器对静止目标进行抑制,得到运动目标显示数据;

[0009] S4,将运动目标显示数据通过多普勒滤波器组,得到运动目标的多普勒频率-距离-角度维数据;

[0010] S5,在步骤S4的基础上对运动目标的多普勒频率-距离-角度维数据先进行三维恒虚警检测,然后对检测结果进行聚类,识别显动目标的数量和位置;

[0011] S6,在步骤S4的基础上对运动目标的多普勒频率-距离-角度维数据进行凝聚,确定目标的数量和位置,然后对凝聚出来的数量进行三维恒虚警检测,识别出微动目标。

[0012] 进一步地,所述将原始回波数据预处理是将采集原始回波数据后通过一个幅度检

测器,所述幅度检测器用于检测幅度是否饱和对原始回波数据增益进行调整。

[0013] 进一步地,假设回波为 $x(t)$,匹配滤波器冲击响应为 $h(t)$,则所述脉冲压缩结果:

$$y(t) = x(t) \otimes h(t), \text{其中} \otimes \text{表示卷积运算。}$$

[0014] 进一步地,所述运动目标显示数据的计算公式为:

$$y_{MTI}(t) = y(t) \otimes h_{MTI}(t)$$

[0016] 其中 $h_{MTI}(t)$ 表示MTI滤波器的单位冲激响应函数, $y(t)$ 为脉冲压缩结果。

[0017] 进一步地,所述MTI滤波器优选为IIR滤波器。

[0018] 进一步地,所述运动目标多普勒频率-距离-角度维数据的计算公式为:

$$y_{MTD}^k(t) = y_{MTI}(t) \otimes h_{MTD}^k(t)$$

[0019] 其中 $y_{MTD}^k(t)$ 表示第 k 个多普勒滤波器的输出数据, $h_{MTD}^k(t)$ 表示第 k 个多普勒滤波器的单位冲激响应函数。

[0020] 进一步地,所述多普勒滤波器组为FFT滤波器组。

[0021] 进一步地,所述三维恒虚警检测的步骤包括:

[0022] S51,求得三维数据内单个数据块近邻域的幅度均值;

[0023] S52,根据单个数据领域均值求得单个数据块远邻域的幅度均值;

[0024] S53,设定门限值,若单个数据块近邻域的幅度均值与远邻域的均值之间的比值大于门限值则表示单个数据块中有目标,若单个数据块近邻域的幅度均值与远邻域的均值之间的比值小于门限值则表示单个数据块中没有目标;

[0025] S54,计算出检测出来的目标个数和位置。

[0026] 进一步地,所述聚类的步骤包括:

[0027] S511,在三维恒虚警检测结果的基础上,构建隶属度函数;

[0028] S512,通过隶属度函数构建代价函数;

[0029] S513,最小化代价函数即可得到聚类数目和位置。

[0030] 通常的,会通过最大期望算法最小化代价函数。

[0031] 进一步地,所述隶属度函数的公式为:

$$[0032] \text{ 构建隶属度函数 } \mathbf{U} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1m-1} & u_{1m} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2m-1} & u_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ u_{N1} & u_{N2} & \cdots & u_{Nm-1} & u_{Nm} \end{bmatrix}$$

[0033] 其中, $\sum_{j=1}^m u_{ij} = 1, i = 1, \cdots, N$, $u_{ij} \in [0, 1], i = 1, \cdots, N, j = 1, \cdots, m$,

$$0 < \sum_{i=1}^N u_{ij} < N, j = 1, 2, \cdots, m,$$

[0034] N 表示三维恒虚警检测结果的数量, m 表示聚类后显动目标的个数。

[0035] 进一步地,所述代价函数的公式为:

$$[0036] \quad \mathbf{J}(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{U}) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m u_{ij} d(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\theta}_j) + m$$

[0037] 其中, $\boldsymbol{\theta}$ 是聚类表示矩阵, $d(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\theta}_j)$ 表示元素 \mathbf{x}_i 到聚类中心 $\boldsymbol{\theta}_j$ 的距离, N 表示三维恒虚警检测结果的数量, m 表示聚类后显动目标的个数。

[0038] 进一步地,通过动态规划算法构建值函数对所述多普勒频率-距离-角度维数据进行慢时间上的凝聚。

[0039] 进一步地,所述值函数的公式为:

$$[0040] \quad I(x_{k+1}, k+1) = \max [I(x_k, k)] + z_{xy}(k+1)$$

[0041] 其中 $I(x_k, k)$ 表示 k 时刻目标的值函数, $z_{xy}(k+1)$ 表示 $k+1$ 时刻的量测,且

$$I(x_1, 1) = z_{xy}(1)。$$

[0042] 本发明的有益效果:

[0043] (1) 本发明通过将显动目标和微动目标的进行分离检测,提高了检测精度和微动目标的检测概率。

[0044] (2) 在将显动目标检测和微动目标检测分离后,针对微动目标增加了凝聚过程,增强了微动目标的信噪比,提高检测概率。

附图说明

[0045] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0046] 图1为本发明实施例的流程图;

[0047] 图2为本发明实施例的数据预处理流程图;

[0048] 图3为本发明实施例的FFT滤波器幅频特性曲线图;

[0049] 图4为本发明实施例的三维恒虚警立体结构图;

[0050] 图5为本发明实施例的最大期望算法原理图。

具体实施方式

[0051] 下面结合附图对发明进一步说明,但不用来限制本发明的范围。

[0052] 如图1所示,本发明提供了一种适用于穿墙雷达的目标检测方法,包括以下步骤:

[0053] S1,通过雷达向目标发射信号波,对接收到的回波信号与发射信号进行混频处理,得到原始回波数据,并对原始回波数据进行预处理;

[0054] S2,将预处理后的回波数据通过匹配滤波器进行脉冲压缩,得到回波数据的距离维信息;

[0055] S3,将脉冲压缩后的回波数据通过MTI滤波器对静止目标进行抑制,得到运动目标显示数据;

[0056] S4,将运动目标显示数据通过多普勒滤波器组,得到运动目标的多普勒频率-距离-角度维数据;

[0057] S5,在步骤S4的基础上对运动目标的多普勒频率-距离-角度维数据先进行三维恒虚警检测,然后对检测结果进行聚类,识别运动目标的数量和位置;

[0058] S6,在步骤S4的基础上对运动目标的多普勒频率-距离-角度维数据进行凝聚,确定目标的数量和位置,然后对凝聚出来的数量进行三维恒虚警检测,识别出微动目标。

[0059] 如图2所示,若原始回波数据饱和,则会导致信号失真,检测结果不准确,将原始回波数据预处理是保证原始回波数据不饱和,具体的是将A/D采集器采集原始回波数据后通过一个幅度检测器,所述幅度检测器还能对原始回波数据增益进行调整。

[0060] 通过设置有匹配滤波器对预处理后的回波数据进行脉冲压缩,假设回波为 $x(t)$,匹配滤波器冲击响应为 $h(t)$,则所述脉冲压缩结果: $y(t) = x(t) \otimes h(t)$,其中 \otimes 表示卷积运算。

[0061] 接下来将脉冲压缩后的结果通过动目标显示滤波器(MTI),具体的,我们选用IIR滤波器作为动目标显示滤波器使用,主要是为了对脉冲压缩后的结果中静目标进行抑制,得到运动目标显示数据。

[0062] 运动目标显示数据的计算公式为:

$$[0063] \quad y_{MTI}(t) = y(t) \otimes h_{MTI}(t)$$

[0064] 其中 $h_{MTI}(t)$ 表示IIR滤波器的单位冲激响应函数, $y(t)$ 为脉冲压缩结果。

[0065] 特别地,本实施例中多普勒滤波器组选用FFT滤波器组,其幅频特性曲线如图3所示,对于8阶的FFT滤波器将输出8组对应不同多普勒频率的距离维数据,其输出数据为:

$$[0066] \quad y_{MTD}^k(t) = y_{MTI}(t) \otimes h_{MTD}^k(t)$$

[0067] 为多普勒通道数, $y_{MTD}^k(t)$ 表示第 k 个多普勒滤波器的输出数据, $h_{MTD}^k(t)$ 表示第 k 个多普勒滤波器的单位冲激响应函数,对于本实施例选用的FFT滤波器组而言:

$$[0068] \quad h_{MTD}^k(t) = \left[1, e^{j2\pi \frac{1}{N}k}, e^{j2\pi \frac{2}{N}k}, \dots, e^{j2\pi \frac{N-1}{N}k} \right], \quad k=1, 2, \dots, 7, 8,$$

[0069] 其中 N 表示输入信号的慢时间维长度。

[0070] 对于运动目标的处理:

[0071] 对于上述通过FFT滤波器组得到的多普勒频率-距离-角度维数据 $y_{3D}(t) = [y_{3D}^1(t), y_{3D}^2(t), \dots, y_{3D}^K(t)]$,若 m 为角度维数据, n 为距离维数据, k 为多普勒通道数,则 $y_{MTD}^k(t)$ 为 $n \times m$ 维矢量,表示第

[0072] K 个多普勒滤波器输出数据,故 $Y_{MTD}(t)$ 为 $n \times m \times K$ 维数据块,在此基础上进行三维CFAR(恒虚警检测),三维CFAR立体窗结构如图4所示。

[0073] 本实施例中三维恒虚警检测的原理是求得在维数据块内单个数据块的幅度值,若单个要判断某个数据块中是否有目标,主要的判断依据是该数据块中的幅度值是否比该数据块远邻域内的幅度值高,本实施例中为了检测的精准度,将求单个数据块的幅度值变成求数据块近邻域内的幅度均值。

[0074] 设 a, b, c ,分别代表检测单元的边长, d, e, f 代表参考单元的边长,则对于维数据内单个数据块 (i, j, k) 近邻域的幅度均值为:

$$[0075] \quad Q(i, j, k) = \frac{\sum_{\alpha=-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \sum_{\beta=-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} \sum_{\gamma=-\frac{c}{2}}^{\frac{c}{2}} D(i + \alpha, j + \beta, k + \gamma)}{abc}$$

[0076] 同样,我们可以求得远邻域内的幅度均值(噪声的基底能量)为:

[0077]

$$N(i, j, k) = \frac{\sum_{\alpha=-\frac{d}{2}}^{\frac{d}{2}} \sum_{\beta=-\frac{e}{2}}^{\frac{e}{2}} \sum_{\gamma=-\frac{f}{2}}^{\frac{f}{2}} D(i + \alpha, j + \beta, k + \gamma) - \sum_{\alpha=-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \sum_{\beta=-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} \sum_{\gamma=-\frac{c}{2}}^{\frac{c}{2}} D(i + \alpha, j + \beta, k + \gamma)}{def - abc}$$

[0078] 若信杂比 $SCR = \frac{Q}{N} \geq \text{Thre1}$,则表示检测单元内为目标, Thre1 表示第一预设门限。目标凝聚处理在三维CFAR检测的基础上进行,通过对检测到的目标进行聚类得到目标的数量和位置,实例中选用FCM算法,具体实现步骤如下所示:

$$[0079] \quad \text{构建隶属度函数 } \mathbf{U} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1m-1} & u_{1m} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2m-1} & u_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ u_{N1} & u_{N2} & \cdots & u_{Nm-1} & u_{Nm} \end{bmatrix}$$

[0080] 满足 $\sum_{j=1}^m u_{ij} = 1, i = 1, \cdots, N$, $u_{ij} \in [0, 1], i = 1, \cdots, N, j = 1, \cdots, m$,

$$0 < \sum_{i=1}^N u_{ij} < N, j = 1, 2, \cdots, m,$$

[0081] 其中 N 表示三维恒虚警检测结果的数量, m 表示聚类后目标的个数;

[0082] 同时构建代价函数:

$$[0083] \quad \mathbf{J}(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{U}) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m u_{ij} d(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\theta}_j) + m$$

[0084] 其中, $\boldsymbol{\theta}$ 是聚类表示矩阵, $d(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\theta}_j)$ 表示元素 \mathbf{x}_i 到聚类中心 $\boldsymbol{\theta}_j$ 的距离;其中 N 表示三维恒虚警检测结果的数量, m 表述聚类后目标的个数。

[0085] 最小化代价函数 $\mathbf{J}(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{U})$ 即可得到目标的聚类数目和位置,如图5所示,此处可以使用EM算法(最大期望算法)求解目标的聚类数和位置。

[0086] 所述EM算法流程如下所示:

[0087] (1)初始化目标点数 m 和聚类中心位置;

[0088] (2) 根据初始化的目标点数或者上一步得到的目标点数 m 的和 θ ,求得最优的隶属度函数 U :

$$[0089] \quad U = \arg \max_U J(\theta, U) = \arg \max_U \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m u_{ij} d(x_i, \theta_j) + m$$

[0090] (3) 根据E步求出的 U ,求出聚类表示 θ :

$$[0091] \quad \theta = \arg \max_{\theta} J(\theta, U) = \arg \max_{\theta} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m u_{ij} d(x_i, \theta_j) + m$$

[0092] 微动目标处理:

[0093] 对于步骤S4中得到的多普勒频率-距离-角度维数据 $Y_{MTD}(t)$ 先进行慢时间上的凝聚,此处选用动态规划算法(不限于该算法)来完成该过程。

[0094] 首先构建值函数: $I(x_{k+1}, k+1) = \max [I(x_k, k)] + z_{xy}(k+1)$,其中 $I(x_k, k)$ 表示 k 时刻目标的值函数, $z_{xy}(k+1)$ 表示 $k+1$ 时刻的量测,且 $I(x_1, 1) = z_{xy}(1)$,由此递推出任意时刻的值函数 $I(x_k, k)$ 。

[0095] 在得到任意时刻的值函数之后,需要做的就是确定目标的位置和数量,此时使用CFAR(恒虚警检测)检测经过凝聚之后的值函数,若信杂比 $SCR = \frac{Q}{N} \geq \text{Thre}_2$,则表示检测单元内为目标, Thre_2 表示第二预设门限。

[0096] 本发明工作原理:通过雷达向目标发射信号波,对接收到的回波信号与发射信号进行混频处理,得到原始回波数据,并对原始回波数据进行预处理;将预处理后的回波数据通过匹配滤波器进行脉冲压缩,得到回波数据的距离维信息;将脉冲压缩后的回波数据通过MTI滤波器对静止目标进行抑制,得到运动目标显示数据;将运动目标显示数据通过多普勒滤波器组,得到运动目标的多普勒频率-距离-角度维数据;

[0097] 检测显动目标则是对运动目标的多普勒频率-距离-角度维数据先进行三维恒虚警检测,然后对检测结果进行聚类,识别显动目标的数量和位置;

[0098] 检测微动目标则是对运动目标的多普勒频率-距离-角度维数据进行凝聚,确定目标的数量和位置,然后对凝聚出来的数量进行三维恒虚警检测,识别出微动目标。

[0099] 本发明提供一种适于穿墙雷达的检测方法,通过将显动目标和微动目标的进行分离检测,提高了检测精度和微动目标的检测概率,在将显动目标检测和微动目标检测分离后,针对微动目标增加了凝聚过程,增强了微动目标的信噪比,提高检测概率。

[0100] 以上显示和描述了本发明的基本原理、主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下本发明还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等同物界定。

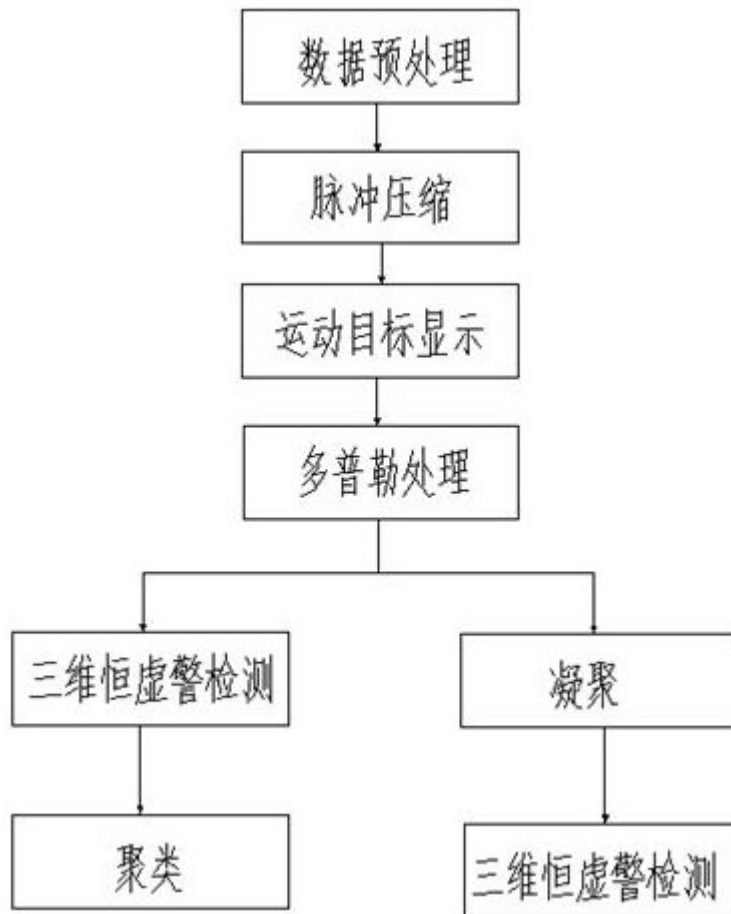


图1

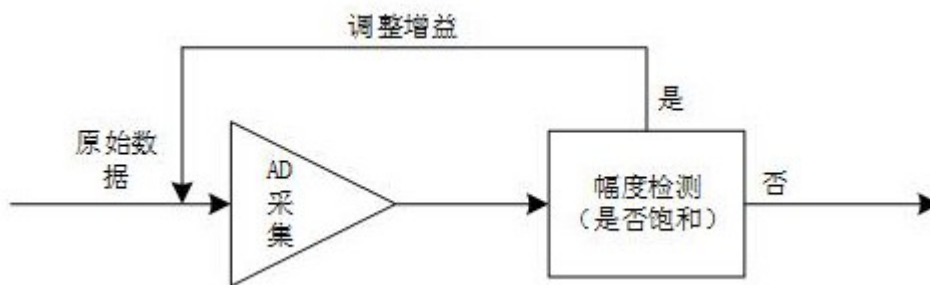


图2

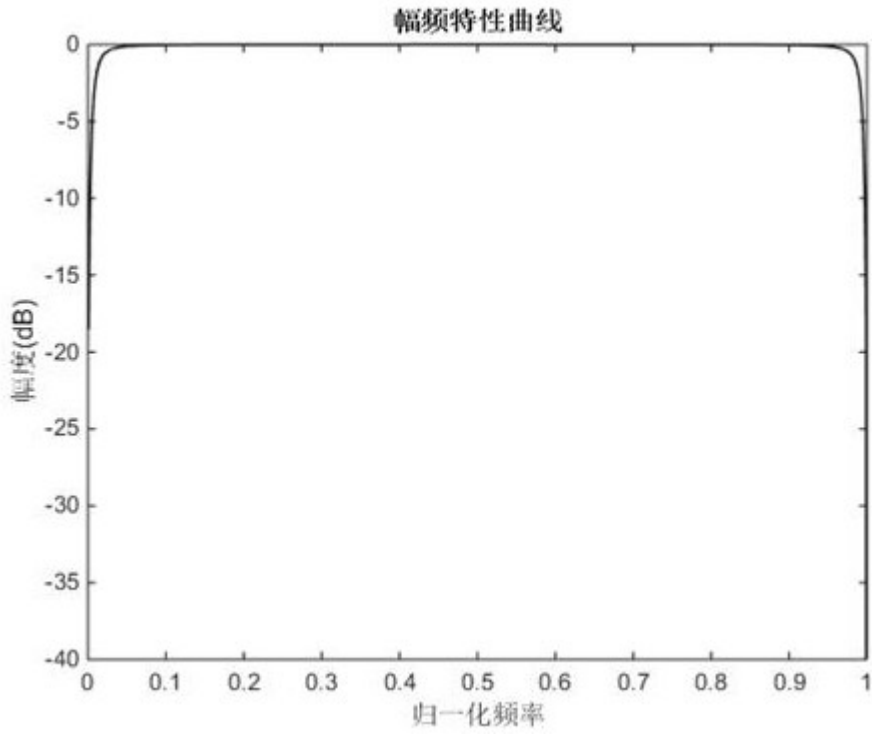


图3

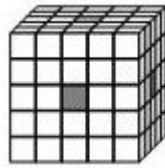


图4

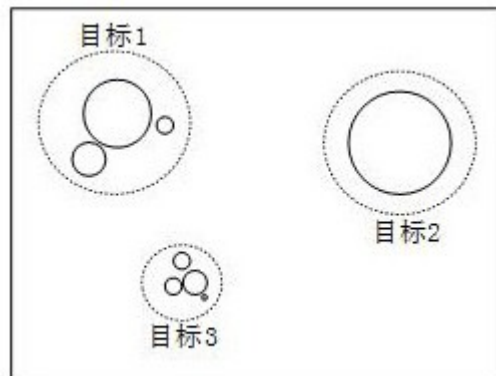


图5