



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111551903 A

(43)申请公布日 2020.08.18

(21)申请号 202010358449.0

(22)申请日 2020.04.29

(71)申请人 南京理工大学

地址 210094 江苏省南京市孝陵卫200号

(72)发明人 胡泰洋 王宏宇 肖泽龙 薛文
吴礼 张莉莉 张晋宇(74)专利代理机构 南京理工大学专利中心
32203

代理人 陈鹏

(51)Int.Cl.

G01S 7/36(2006.01)

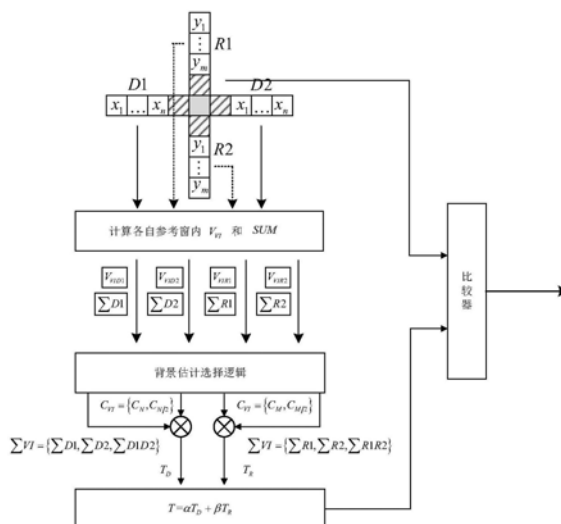
权利要求书3页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

改进型二维变化指数恒虚警目标检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种改进型二维变化指数恒虚警目标检测方法,包括:在二维R-D谱上选取参考单元,建立左、右、上、下四个参考窗;根据参考窗内参考单元数值描述杂波状态与求和;根据背景估计情况选择相应逻辑;依据权值计算检测门限,实现恒虚警处理。本发明将现有的单维VI-CFAR检测策略扩展到二维R-D谱上进行2D-VI-CFAR检测,提高了背景估计有效性,对多种复杂杂波环境有着更强的适应性;本发明综合了三种均值类恒虚警检测器在均匀杂波、多目标环境及杂波边缘环境下各自优良的检测性能,利用二维谱信息选取背景参考单元对背景杂波功率进行估计从而选择更合适的检测策略。



1. 一种改进型二维变化指数恒虚警目标检测方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1,在二维R-D谱上选取参考单元,建立左、右、上、下四个参考窗;

步骤2,根据参考窗内参考单元数值描述杂波状态与求和;

步骤3,根据背景估计情况选择相应逻辑;

步骤4,依据权值计算检测门限,实现恒虚警处理。

2. 根据权利要求1所述的改进型二维变化指数恒虚警目标检测方法,其特征在于,步骤1在二维R-D谱上选取参考单元,建立左、右、上、下四个参考窗,具体为:

在二维R-D谱上,在被检测单元的多普勒、距离二维方向均设置三个保护单元,通过对被检测单元的二维方向进行延伸,选取与被检测单元同一速度的左右各n个序列作为多普勒参考单元,得到左参考窗D1、右参考窗D2,选取与被检测单元同一距离的上下各m个序列作为距离参考单元,得到上参考窗R1、下参考窗R2。

3. 根据权利要求1所述的改进型二维变化指数恒虚警目标检测方法,其特征在于,步骤2根据参考窗内参考单元数值描述杂波状态与求和,具体为:

步骤2.1,计算四个参考窗内描述杂波样本状态的二阶参量数值;

参数 V_{VI} 是描述窗内杂波是否为均匀状态的指标,是一个描述杂波样本状态的二阶参量, V_{VI} 计算公式下,

$$V_{VI} = 1 + \frac{\hat{\sigma}^2}{\hat{\mu}^2} = 1 + \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{(\bar{x})^2} \quad (1)$$

其中, $\hat{\sigma}^2$ 为参考单元方差的估计值, $\hat{\mu}^2$ 为其均值的估计值, $\bar{x}$ 为n个参考单元的算术平均;

根据式(1)计算每一个参考窗的 V_{VI} 值,由此,可以得到数值 V_{VID1} 、 V_{VID2} 、 V_{VIR1} 、 V_{VIR2} ;

步骤2.2,计算四个参考窗内求和数值,具体为:

$$SUM = \sum_{i \in A} x_i \quad (2)$$

其中 x_i 为参考窗内参考单元数值;

根据式(2)计算每一个参考窗的SUM值,由此,得到四个参考窗内求和数值 $\Sigma D1$ 、 $\Sigma D2$ 、 $\Sigma R1$ 、 $\Sigma R2$ 。

4. 根据权利要求1所述的改进型二维变化指数恒虚警目标检测方法,其特征在于,步骤3根据背景估计情况选择相应逻辑,具体为:

步骤3.1,杂波水平估计:

通过比较 V_{VI} 与门限 K_{VI} 来判别对应窗内杂波是否处于均匀状态:

$$V_{VI} \leq K_{VI} \rightarrow \text{均匀杂波} \quad (3)$$

$$V_{VI} > K_{VI} \rightarrow \text{非均匀杂波} \quad (4)$$

定义左右参考窗的均值比 V_{MR} 为

$$V_{MR} = \frac{\sum_{i \in D1} x_i}{\sum_{i \in D2} x_i} \quad (5)$$

通过比较 V_{MR} 与门限 K_{MR} 来判别两参考窗均值是否处于同一水平,

$$K_{MR}^{-1} \leq V_{MR} \leq K_{MR} \rightarrow \text{均值相同} \quad (6)$$

$$V_{MR} < K_{MR}^{-1} \text{ 或 } V_{MR} > K_{MR} \rightarrow \text{均值不同} \quad (7)$$

因此,对于杂波环境的判决,其模式切换取决于设定的均匀状态判别参数 K_{VIR} 与 K_{VID} ,与均值比判别参数 K_{MRR} 与 K_{MRD} 。

对于多普勒维有

$$V_{VID} \leq K_{VID} \rightarrow \text{均匀杂波} \quad (8)$$

$$V_{VID} > K_{VID} \rightarrow \text{非均匀杂波} \quad (9)$$

$$K_{MRD}^{-1} \leq V_{MRD} \leq K_{MRD} \rightarrow \text{均值相同} \quad (10)$$

$$V_{MRD} < K_{MRD}^{-1} \text{ 或 } V_{MRD} > K_{MRD} \rightarrow \text{均值不同} \quad (11)$$

对于距离维有

$$V_{VIR} \leq K_{VIR} \rightarrow \text{均匀杂波} \quad (12) \quad V_{VIR} >$$

$$K_{VIR} \rightarrow \text{非均匀杂波} \quad (13)$$

$$K_{MRR}^{-1} \leq V_{MRR} \leq K_{MRR} \rightarrow \text{均值相同} \quad (14)$$

$$V_{MRR} < K_{MRR}^{-1} \text{ 或 } V_{MRR} > K_{MRR} \rightarrow \text{均值不同} \quad (15)$$

步骤3.2, VI-CFAR自适应门限选择:

根据恒虚警概率 P_{fa} 要求,得到对应的 C_N 、 $C_{N/2}$ 、 C_M 与 $C_{M/2}$;依据上述对杂波水平估计的结果,在表1中选择被检测单元的多普勒维门限 T_D ,在表2中选择距离维门限 T_R :

表1 多普勒维自适应门限选择表

左参考窗杂波是否均匀	右参考窗杂波是否均匀	均值是否相同	VI-CFAR 自适应门限 T_D	等价 CFAR 策略
是	是	是	$C_N \sum D_1 D_2$	CA
是	是	否	$C_{N/2} \max(\sum D_1, \sum D_2)$	GO
否	是	——	$C_{N/2} \sum D_2$	CA
是	否	——	$C_{N/2} \sum D_1$	CA
否	否	——	$C_{N/2} \min(\sum D_1, \sum D_2)$	SO

表2 距离维自适应门限选择表

上参考窗杂波是否均匀	下参考窗杂波是否均匀	均值是否相同	VI-CFAR 自适应门限 T_R	等价 CFAR 策略
是	是	是	$C_M \sum R_1 R_2$	CA
是	是	否	$C_{M/2} \max(\sum R_1, \sum R_2)$	GO
否	是	——	$C_{M/2} \sum R_2$	CA
是	否	——	$C_{M/2} \sum R_1$	CA
否	否	——	$C_{M/2} \min(\sum R_1, \sum R_2)$	SO

5. 根据权利要求1所述的改进型二维变化指数恒虚警目标检测方法, 其特征在于, 步骤4依据权值计算检测门限, 实现恒虚警处理, 具体为:

$$T = \alpha T_D + \beta T_R \quad (16)$$

其中, α 、 β 均为权值系数, 取值取决于被检测单元与各维度信息的关联程度, 且 $\alpha + \beta = 1$;

将多普勒维门限 T_D 与距离维门限 T_R 进行如式(16)描述的运算, 得到2D-VI-CFAR检测器最终的门限矩阵 T ; 之后将检测单元与门限 T 进行比较, 若大于门限 T , 则有目标存在; 反之, 则无目标。

改进型二维变化指数恒虚警目标检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于雷达信号处理领域,具体涉及一种改进型二维变化指数恒虚警目标检测方法。

背景技术

[0002] 在雷达目标检测中,恒虚警 (CFAR) 检测器根据被检测单元附近的参考单元来估计背景杂波功率,从而自适应设定门限,保持恒虚警性能。根据杂波估计方法的不同,相继出现了单元平均CA,单位平均选大GO,单位平均选小SO恒虚警检测器。它们在不同杂波背景下,即均匀杂波背景、多目标环境、杂波边缘环境,发挥着各自最佳效果。但这些检测器有一共同缺点,都是针对某一种杂波背景提出的,在提高该背景下检测性能的同时,却以其它背景下的CFAR损伤为代价。2000年,Smith和Varshney提出了基于变化指数的自适应恒虚警算法 (VI-CFAR),这种恒虚警算法通过二阶参量判断前后窗杂波环境,智能选取CA、GO、SO三种检测策略,对杂波环境进行高效估计。

[0003] 自适应VI-CFAR综合了三种均值类恒虚警检测器在均匀杂波、多目标环境及杂波边缘环境下各自优良的检测性能,可以根据窗内的杂波环境进行判断选择更合适的检测策略。研究发现,雷达背景中的杂波在距离和多普勒域同时存在,经FFT处理后,目标与杂波将同时显示于距离-多普勒二维平面,目标仅占据有限个距离速度单元,而杂波分布于整个二维R-D谱。当前VI-CFAR检测器所使用的参考窗为一维参考窗,仅利用了一维信息进行背景估计,若其能够利用二维谱信息选取背景参考单元,显然比利用传统单维背景信息进行背景估计要更有效。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种改进型二维变化指数恒虚警目标检测方法,在二维R-D谱上,采用十字参考窗结构,横竖参考窗在各自的维度上保持相互独立,分别采用与一维VI-CFAR相同的检测策略得到对应门限,最终检测门限由各自门限加权融合得到。

[0005] 实现本发明目的的技术方案为:一种改进型二维变化指数恒虚警目标检测方法,包括如下步骤:

[0006] 步骤1,在二维R-D谱上选取参考单元,建立左、右、上、下四个参考窗;

[0007] 步骤2,根据参考窗内参考单元数值描述杂波状态与求和;

[0008] 步骤3,根据背景估计情况选择相应逻辑;

[0009] 步骤4,依据权值计算检测门限,实现恒虚警处理。

[0010] 与现有技术相比,本发明显著优点为:(1) 与传统利用单维背景信息的VI-CFAR检测方法相比,本发明利用二维谱信息选取背景参考单元对背景杂波功率进行估计,对多种复杂杂波环境有很强的适应性;(2) 采用十字参考窗结构,对背景杂波准确估计的同时实现资源消耗最小化且覆盖整个检测区域;(2) 对距离多普勒二维背景信息的获取方式进行改进。

附图说明

[0011] 图1为本发明2D-VI-CFAR检测方法原理框图。

[0012] 图2为本发明所用十字参考窗示意图。

具体实施方式

[0013] 如图1所示,一种改进型二维变化指数恒虚警目标检测方法。具体包括以下步骤:

[0014] 步骤1,在二维R-D谱上选取参考单元,建立左、右、上、下四个参考窗:

[0015] 在二维R-D谱上,在被检测单元的多普勒、距离二维方向均设置三个保护单元,通过对被检测单元的二维方向进行延伸,选取与被检测单元同一速度的左右各n个序列作为多普勒参考单元,得到左参考窗D1、右参考窗D2,选取与被检测单元同一距离的上下各m个序列作为距离参考单元,得到上参考窗R1、下参考窗R2,如图2所示。

[0016] 步骤2,根据参考窗内参考单元数值描述杂波状态与求和:

[0017] 步骤2.1,计算四个参考窗内描述杂波样本状态的二阶参量数值,

[0018] 参数 V_{VI} 是描述窗内杂波是否为均匀状态的指标,是一个描述杂波样本状态的二阶参量; V_{VI} 计算公式下,

$$[0019] \quad V_{VI} = 1 + \frac{\hat{\sigma}^2}{\hat{\mu}^2} = 1 + \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{(\bar{x})^2} \quad (1)$$

[0020] 其中, $\hat{\sigma}^2$ 为参考单元方差的估计值, $\hat{\mu}^2$ 为其均值的估计值, $\bar{x}$ 为n个参考单元的算术平均;

[0021] 根据式(1)计算每一个参考窗的 V_{VI} 值,由此,可以得到数值 V_{VID1} 、 V_{VID2} 、 V_{VIR1} 、 V_{VIR2} ;

[0022] 步骤2.2,计算四个参考窗内求和数值,

$$[0023] \quad SUM = \sum_{i \in A} x_i \quad (2)$$

[0024] 其中 x_i 为参考窗内参考单元数值。

[0025] 根据式(2)计算每一个参考窗口的SUM值,由此,可以得到数值 $\Sigma D1$ 、 $\Sigma D2$ 、 $\Sigma R1$ 、 $\Sigma R2$ 。

[0026] 步骤3,根据背景估计情况选择相应逻辑:

[0027] 步骤3.1,杂波水平估计,

[0028] 通过比较 V_{VI} 与门限 K_{VI} 来判别对应窗内杂波是否处于均匀状态,

[0029] $V_{VI} \leq K_{VI} \rightarrow$ 均匀杂波 (3)

[0030] $V_{VI} > K_{VI} \rightarrow$ 非均匀杂波 (4)

[0031] 另外,定义左右参考窗(或上下参考窗)的均值比 V_{MR} 为

$$[0032] \quad V_{MR} = \frac{\sum_{i \in D1} x_i}{\sum_{i \in D2} x_i} \quad (5)$$

[0033] 通过比较 V_{MR} 与门限 K_{MR} 来判别两参考窗均值是否处于同一水平,

[0034] $K_{MR}^{-1} \leq V_{MR} \leq K_{MR} \rightarrow$ 均值相同 (6)

[0035] $V_{MR} < K_{MR}^{-1}$ 或 $V_{MR} > K_{MR} \rightarrow$ 均值不同 (7)

[0036] 因此,对于杂波环境的判决,其模式切换取决于设定的均匀状态判别参数 K_{VIR} 与 K_{VID} ,与均值比判别参数 K_{MRR} 与 K_{MRD} 。

[0037] 对于多普勒维有

[0038] $V_{VID} \leq K_{VID} \rightarrow$ 均匀杂波 (8)

[0039] $V_{VID} > K_{VID} \rightarrow$ 非均匀杂波 (9)

[0040] $K_{MRD}^{-1} \leq V_{MRD} \leq K_{MRD} \rightarrow$ 均值相同 (10)

[0041] $V_{MRD} < K_{MRD}^{-1}$ 或 $V_{MRD} > K_{MRD} \rightarrow$ 均值不同 (11)

[0042] 对于距离维有

[0043] $V_{VIR} \leq K_{VIR} \rightarrow$ 均匀杂波 (12)

[0044] $V_{VIR} > K_{VIR} \rightarrow$ 非均匀杂波 (13)

[0045] $K_{MRR}^{-1} \leq V_{MRR} \leq K_{MRR} \rightarrow$ 均值相同 (14)

[0046] $V_{MRR} < K_{MRR}^{-1}$ 或 $V_{MRR} > K_{MRR} \rightarrow$ 均值不同 (15)

[0047] 步骤3.2,VI-CFAR自适应门限选择,

[0048] 根据恒虚警概率 P_{fa} 要求,可得到对应的 C_N 、 C_{N2} 、 C_M 与 C_{M2} 。依据上述对杂波水平估计的结果,可在表1中选择被检测单元的多普勒维门限 T_D ,在表2中选择距离维门限 T_R 。

[0049] 表1多普勒维自适应门限选择表

	左参考窗杂波是否均匀	右参考窗杂波是否均匀	均值是否相同	VI-CFAR 自适应门限 T_D	等价 CFAR 策略
	是	是	是	$C_N \sum D_1 D_2$	CA
	是	是	否	$C_{N/2} \max(\sum D_1, \sum D_2)$	GO
[0050]	否	是	——	$C_{N/2} \sum D_2$	CA
	是	否	——	$C_{N/2} \sum D_1$	CA
	否	否	——	$C_{N/2} \min(\sum D_1, \sum D_2)$	SO

[0051] 表2距离维自适应门限选择表

	上参考窗杂波是否均匀	下参考窗杂波是否均匀	均值是否相同	VI-CFAR 自适应门限 T_R	等价 CFAR 策略
[0052]	是	是	是	$C_M \sum R_1 R_2$	CA
	是	是	否	$C_{M/2} \max(\sum R_1, \sum R_2)$	GO
	否	是	——	$C_{M/2} \sum R_2$	CA
	是	否	——	$C_{M/2} \sum R_1$	CA
	否	否	——	$C_{M/2} \min(\sum R_1, \sum R_2)$	SO

[0053] 步骤4,依据权值计算检测门限,实现恒虚警处理:

[0054] $T = \alpha T_D + \beta T_R$ (16)

[0055] 其中, α 、 β 均为权值系数,取值取决于被检测单元与各维度信息的关联程度,且 $\alpha + \beta = 1$ 。

[0056] 将多普勒维门限 T_D 与距离维门限 T_R 进行如式(16)描述的运算,得到2D-VI-CFAR检测器最终的门限矩阵 T 。之后便可将检测单元与门限 T 进行比较,若大于门限 T ,则有目标存在;反之,则无目标。

[0057] 本发明综合了三种均值类恒虚警检测器在均匀杂波、多目标环境及杂波边缘环境下各自优良的检测性能,利用二维谱信息选取背景参考单元对背景杂波功率进行估计从而选择更合适的检测策略。

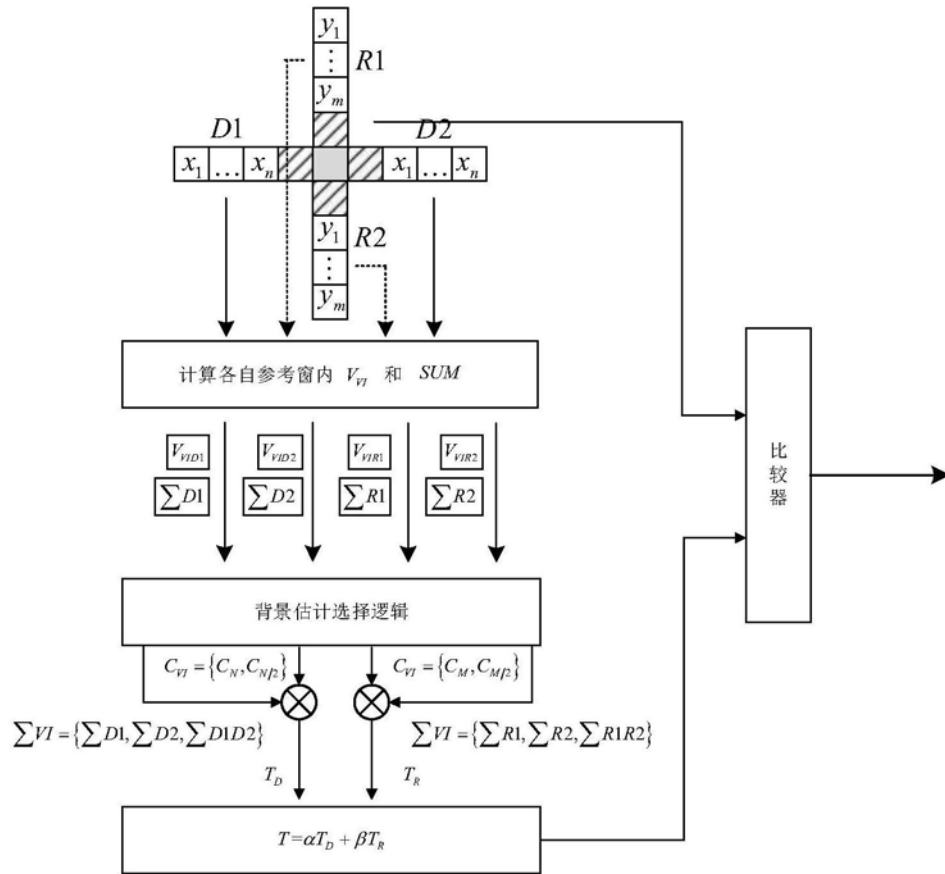


图1

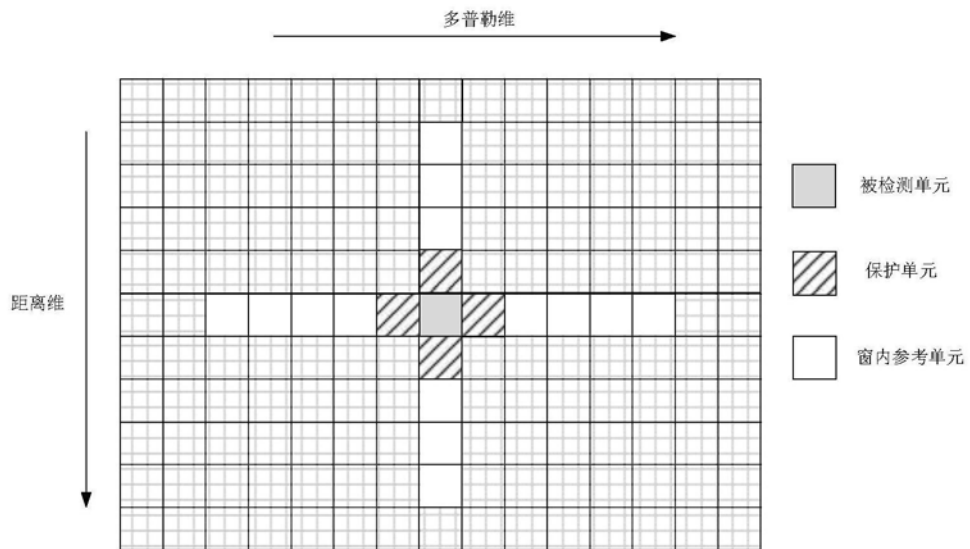


图2