



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106959441 B

(45)授权公告日 2019.05.31

(21)申请号 201710110366.8

JP 2017106859 A,2017.06.15,

(22)申请日 2017.02.28

US 2013082870 A1,2013.04.04,

(65)同一申请的已公布的文献号

JP H11328600 A,1999.11.30,

申请公布号 CN 106959441 A

CN 106291534 A,2017.01.04,

CN 105445732 A,2016.03.30,

(43)申请公布日 2017.07.18

楼晓祥.“基于多假设目标跟踪算法”.《指挥信息系统与技术》.2012,第3卷(第6期),第36-40页.

(73)专利权人 南京莱斯电子有限公司

地址 210007 江苏省南京市秦淮区永丰大道36号天安数码城5栋

李华.“面向安全进近的航空自组网合作通信方法研究”.《中国博士学位论文全文数据库信息科技辑》.2016,(第02期),全文.

(72)发明人 翟海涛 刘文松 许建峰 陈炜浩 郑浩 顾晶 陈硕

Leigsnering M 等.“Multipath

(74)专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237 代理人 胡建华 于瀚文

Exploitation and Suppression for SAR Imaging of Building Interiors: An overview of recent advances”.《IEEE Signal Processing Magazine》.2014,第110-119页.

(51)Int.Cl.

G01S 7/40(2006.01)

G01S 7/41(2006.01)

审查员 朱仲艳

(56)对比文件

CN 103412291 A,2013.11.27,

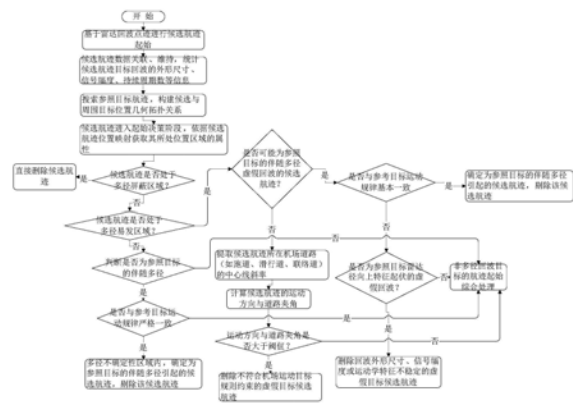
权利要求书3页 说明书9页 附图3页

(54)发明名称

一种机场场面监视雷达多径虚假目标航迹抑制方法

(57)摘要

本发明公开了一种机场场面监视雷达多径虚假目标航迹抑制方法,包括以下步骤:首先,根据场面监视雷达多径产生的机理、规律、特点,机场场面目标运动路径约束,充分利用机场地理信息,将机场场面划分出不同类型或不同干扰程度的不规则多径易发区域、功能区;其次,在目标航迹起始阶段,利用目标所处多径易发区域的辅助先验信息,判别潜在多径虚假目标与真实目标的几何位置关系,结合目标运动学特征、回波外形尺寸、回波信号幅度、回波持续周期数等多方面因素综合处理、判决,抑制由多径假回波引起的虚假目标航迹。



1. 一种机场场面监视雷达多径虚假目标航迹抑制方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1,划分机场场面的功能类型区域:将整个机场平面按照不同功能和雷达多径效应易发的多类型区域进行完备性划分,即将机场每个位置都划分到特定类型区域内,并对区域类型值进行BIT比特位定义,得到区域多层图;

步骤2,以雷达基站为原点,将区域多层图转换成采用雷达极坐标系下方位距离量化单元标识的机场区域静态图,从而建立雷达极坐标下任意位置方位距离索引表示与区域类型值之间的一一映射关系;

步骤3,在目标航迹自动起始阶段,基于雷达实时探测到的回波,即点迹,创建潜在新生目标的候选航迹;

步骤4,在候选航迹维持阶段,对候选航迹进行多周期点迹航迹数据关联和维持处理,统计候选航迹的回波外形尺寸、信号幅度、运动学特征和持续周期数,每个周期搜索已经建立正式航迹的参照目标,构建雷达多径回波造成的虚假目标候选航迹与真实目标的航迹位置之间的几何位置拓扑关系,并统计拓扑关系持续时间;

步骤5,在目标航迹自动起始决策周期,根据候选航迹的方位距离位置信息,获取其区域类型值,删除不符合要求的候选航迹;

步骤6,若候选航迹所处位置的区域类型值中多径效应易发区的BIT比特位有效,判断步骤4中候选航迹是否与同一参照目标的稳定拓扑关系持续时间大于阈值,若是,则判定其为伴随多径回波的虚假目标航迹,并进行删除处理,否则,判定其为非多径回波类候选航迹并进行后续自动航迹处理;

步骤7,对于步骤6中,落在多径效应易发区,但不能明确作为参照目标伴随多径的而删除处理的候选航迹,基于机场活动目标运动道路约束,进一步判断其航向是否与道路方向之间存在较大夹角,若是,则判定为虚假目标航迹,删除该候选航迹,否则,判定其为非多径回波类候选航迹并进行后续自动航迹处理;

步骤8,若候选航迹处于步骤1中划分的多径效应不确定区,判断候选航迹否与同一参照目标的稳定拓扑关系持续时间大于阈值,若是,则判定其为伴随多径回波的虚假目标航迹,并进行删除处理,否则,判定候选航迹为非多径回波类候选航迹并进行后续自动航迹处理;

步骤9,实现对机场场面全域活动目标自动录取。

2. 根据权利要求1所述的一种机场场面监视雷达多径虚假目标航迹抑制方法,其特征在于,步骤1包括如下步骤:

步骤1-1,在机场场面平面图上,标定雷达原点位置,校正平面图和雷达系统误差,叠加显示场面平面图与监视雷达回波视频;

步骤1-2,基于机场地理信息,绘制各种功能性封闭区域,实现对机场场面的完整性划分;各种功能性封闭区域包括:跑道、滑行道、草坪、连络道、停机坪、多径效应易发区、多径屏蔽区以及多径效应不确定区;

步骤1-3,定义区域类型值:Bit0为跑道、Bit1为滑行道、Bit2为草坪、Bit3为连络道、Bit4为停机坪、Bit5为多径效应易发区、Bit6为多径效应屏蔽区、Bit7为多径效应不确定区;当区域类型值比特位为1,则表示相应区域类型有效;

步骤1-4,根据雷达多径效应产生的规律、特点和场面活动目标运动道路约束限制,鉴

别、确认机场场面多径效应易发区、多径效应屏蔽区和多径效应不确定性区,在步骤1-2中绘制各种功能性封闭区域基础上,叠加绘制以多径角度分类的局部区域,得到区域多层图;在区域多层图中,同一位置能够同时属于不同功能性封闭区域的重叠区。

3. 根据权利要求2所述的一种机场场面监视雷达多径虚假目标航迹抑制方法,其特征在于,步骤4包括如下步骤:

步骤4-1,以新生目标的候选航迹为基准,在以候选航迹为方位中心的扇区内,在雷达原点与新生目标的候选航迹位置之间,搜索是否存在真实目标航迹,若存在,则确定该目标为候选航迹的参照目标;

步骤4-2,在候选航迹的维持阶段,记录候选航迹批号和参照目标批号表,统计候选航迹与参照目标维持位置几何拓扑关系的次数。

4. 根据权利要求3所述的一种机场场面监视雷达多径虚假目标航迹抑制方法,其特征在于,步骤5中,若候选航迹的区域类型中多径效应屏蔽区的区域类型值BIT比特位有效,表示候选航迹落在多径效应屏蔽区,则直接删除由落在此区域回波生成的候选航迹。

5. 根据权利要求4所述的一种机场场面监视雷达多径虚假目标航迹抑制方法,其特征在于,步骤6中,对于伴随多径回波造成的虚假目标航迹处理分两种情况进行处理:

情况一:抑制与参照的真实目标运动方向一致的候选航迹自动起始,其处理步骤如下:

步骤6-1-1,假设在候选航迹创建后的第 k_i 个雷达天线扫描周期进行目标正式航迹的起始决策;

假设候选航迹航向为 $dCandTrkCourse_i, i=1, 2, \dots, k_i$,航速为 $dCandTrkSpeed_i$,参照目标的航向为 $dRefTrkCourse_j, j=1, 2, \dots, k_j$,航速为 $dRefTrkSpeed_j$,其中 $k_j > k_i \geq 4; i, j$ 分别表示候选航迹的天线扫描周期计数变量和目标航迹的天线扫描周期计数变量, k_j 表示雷达天线扫描周期数;

步骤6-1-2,采用如下公式分别计算候选航迹与参照目标之间多周期的航向差值 $dDeltaCourse_1$,以及候选航迹与参照目标之间多周期的航速差值 $dDeltaSpeed_1$:

$$dDeltaCourse_1 = |dCandTrkCourse_i - dRefTrkCourse_j|,$$

$$dDeltaSpeed_1 = |dCandTrkSpeed_i - dRefTrkSpeed_j|,$$

其中,常数 $1 \geq 4$;

步骤6-1-3,统计航向 $dDeltaCourse_1$ 与航速误差 $dDeltaSpeed_1$ 都不大于阈值的次数,若满足N/M逻辑判决准则,则判定候选航迹与参照目标的运动方向一致,判定候选航迹是由参照目标的较稳定伴随多径回波生成的虚假目标,删除该候选航迹;若不满足判决准则,则暂时排除是虚假航迹可能,进行后续处理;

情况二:抑制为参照目标径向上特征起伏大、两次以上反射的复杂多径造成的虚假目标候选航迹,处理步骤如下:

步骤6-2-1,假设在候选航迹创建后的第 k_i 个雷达天线扫描周期进行多径回波的虚假航迹判定,目标回波所占量化单元数、方位宽度、距离宽度分别为: $nEchoShapeSizeUnits_i$ 、 $nEchoAzimuthWidth_i$ 、 $nEchoDistanceWidth_i$;

步骤6-2-2,通过如下公式分别计算候选航迹与参照目标之间多周期的航向差值 $dDeltaEchoCourse_m$ 、候选航迹与参照目标之间多周期的航速差值 $dDeltaEchoSpeed_m$ 、邻近两个周期目标回波所占量化单元数差值 $nDeltaEchoShapeSizeUnits_m$ 、邻近两个周期目标

回波方位宽度差值 $nDeltaEchoAzimuthWidth_m$ 和邻近两个周期距离宽度差值 $nDeltaDistanceWidth_m$:

$$\begin{aligned} dDeltaEchoCourse_m &= |dCandTrkCourse_i - dCandTrkCourse_{i-1}|, \\ dDeltaEchoSpeed_m &= |dCandTrkSpeed_i - dCandTrkSpeed_{i-1}|, \\ nDeltaEchoShapeSizeUnits_m &= |nEchoShapeSizeUnits_i - nEchoShapeSizeUnits_{i-1}|, \\ nDeltaEchoAzimuthWidth_m &= |nEchoAzimuthWidth_i - nEchoAzimuthWidth_{i-1}|, \\ nDeltaDistanceWidth_m &= |nEchoDistanceWidth_i - nEchoDistanceWidth_{i-1}|, \\ i &= 2, \dots, k_i, m = 1, \dots, k_i - 1, \end{aligned}$$

其中, m 表示计数变量;

步骤6-2-3,统计判断参数 $dDeltaEchoCourse_m$ 、 $dDeltaEchoSpeed_m$ 、 $nDeltaEchoShapeSizeUnits$ 与 $nDeltaEchoAzimuthWidth_m$ 、 $nDeltaDistanceWidth_m$ 都不小于阈值的次数,若满足N/M逻辑判决准则,则判定候选航迹与参照目标的运动方向基本一致,判定候选航迹是多次反射复杂多径造成的虚假目标候选航迹,删除该候选航迹,若不满足判决准则,则暂时排除是虚假航迹可能,进行后续处理。

6.根据权利要求5所述的一种机场场面监视雷达多径虚假目标航迹抑制方法,其特征在于,步骤7包括如下步骤:

步骤7-1,选定多径效应易发区道路中心标识线两个端点;

步骤7-2,计算候选航迹最新4个历史时刻的位置与中心线两个端点之间的距离对序列:

$$(AT_{k1}, BT_{k1}), (AT_{k2}, BT_{k2}), (AT_{k3}, BT_{k3}), (AT_{k4}, BT_{k4}),$$

其中, $k1, k2, k3, k4$ 表示最新4个历史时刻, AT_{k1} 表示 $k1$ 时刻航迹位置与中心线端点A之间的距离, AT_{k2} 表示 $k2$ 时刻航迹位置与中心线端点A之间的距离, AT_{k3} 表示 $k3$ 时刻航迹位置与中心线端点A之间的距离, AT_{k4} 表示 $k4$ 时刻航迹位置与中心线端点A之间的距离, BT_{k1} 表示 $k1$ 时刻航迹位置与中心线端点B之间的距离, BT_{k2} 表示 $k2$ 时刻航迹位置与中心线端点B之间的距离, BT_{k3} 表示 $k3$ 时刻航迹位置与中心线端点B之间的距离, BT_{k4} 表示 $k4$ 时刻航迹位置与中心线端点B之间的距离,若 $AT_{k1} > AT_{k2} > AT_{k3} > AT_{k4}$ 且 $BT_{k1} < BT_{k2} < BT_{k3} < BT_{k4}$ 成立,则道路矢量方向为 \overline{BA} ,计算道路矢量方向 \overline{BA} 与候选航迹运动方向之间的夹角 θ ;若 $AT_{k1} < AT_{k2} < AT_{k3} < AT_{k4}$ 且 $BT_{k1} > BT_{k2} > BT_{k3} > BT_{k4}$ 成立,则道路矢量方向为 \overline{AB} ,计算 \overline{AB} 与候选航迹运动方向之间的夹角 θ ;

步骤7-3,若夹角 θ 大于阈值,则删除该候选航迹。

一种机场场面监视雷达多径虚假目标航迹抑制方法

技术领域

[0001] 本发明属于雷达数据处理技术领域,是一种从数据级层面抑制机场场面监视雷达多路径回波虚假航迹生成的方法。

背景技术

[0002] 场面监视雷达探测机场跑道、滑行道、停机坪、连络道等区域的飞机、车辆时容易发生较强的多路径效应,干扰目标探测与跟踪,严重时还会导致目标跟踪丢失,或者导致雷达自动录取设备起始虚假目标航迹,增加空管自动化系统负担。地面、机场建筑物、标识牌、围栏等反射引起的虚假回波,时常与真实目标呈现一定的几何位置关系及运动特征,在机场一些特定区域由于场面反射物、面的反射雷达电磁波容易重复频繁发生多径效应,与周围目标、环境会呈现一定的规律性或相关关系。

发明内容

[0003] 发明目的:本发明在于提供了一种机场场面监视雷达多径虚假目标航迹抑制方法。

[0004] 本发明所述的方法,包括以下步骤:

[0005] 步骤1,划分机场场面的功能类型区域:基于机场场面平面图(或卫星图、电子地图)和监视雷达回波视频状况,依据场面活动目标(如起降的飞机、各种用途的车辆等)运动道路约束限制、雷达多径效应产生的规律、特点和频发的地理条件,将整个机场平面按照不同功能和雷达多径效应易发的多类型区域进行完备性划分,即将机场每个位置都划分到特定类型区域内,并对区域类型值进行BIT比特位定义,得到区域多层图;

[0006] 步骤2,以雷达基站为原点,将区域多层图转换成采用雷达极坐标系下方位距离量化单元标识的机场区域静态图,从而建立雷达极坐标下任意位置方位距离索引表示与区域类型值之间的一一映射关系;一般情况下,方位量化单元范围0~8191,距离量化单元范围为0~8191;

[0007] 步骤3,在目标航迹自动起始阶段,基于雷达实时探测到的回波,即点迹,创建潜在新生目标的候选航迹;

[0008] 步骤4,在候选航迹维持阶段,对候选航迹进行多周期点迹航迹数据关联和维持处理,统计候选航迹的回波外形尺寸、信号幅度、运动学特征(航向、航速及其变化率)和持续周期数,每个周期搜索已经建立正式航迹的参照目标,构建雷达多径回波造成的虚假目标候选航迹与真实目标的航迹位置之间的几何位置拓扑关系,并统计拓扑关系持续时间(以雷达天线扫描周期数来衡量);

[0009] 步骤5,在目标航迹自动起始决策周期,根据候选航迹的方位距离位置信息,获取其区域类型值,删除不符合要求的候选航迹;

[0010] 步骤6,若候选航迹所处位置的区域类型值中多径效应易发区的BIT比特位有效,判断步骤4中候选航迹是否与同一参照目标的稳定拓扑关系持续时间(即以雷达天线扫描

周期数来计算)大于阈值(阈值由工程经验确定,阈值为4,表示4个雷达天线扫描周期数),若是,则判定其为伴随多径回波的虚假目标航迹,并进行删除处理,否则,判定其为非多径回波类候选航迹并进行后续自动航迹处理;

[0011] 步骤7,对于步骤6中,落在多径效应易发区,但不能明确作为参照目标伴随多径而删除处理的候选航迹,基于机场活动目标运动道路约束,进一步判断其航向是否与道路方向之间存在较大夹角,若是,则判定为可能是多径或其它干扰引起的虚假目标航迹,删除该候选航迹,否则,判定其为非多径回波类候选航迹并进行后续自动航迹处理;

[0012] 步骤8,若候选航迹处于步骤1中划分的多径效应不确定区,判断其否与同一参照目标的稳定拓扑关系持续时间大于阈值,若是,则判定其为伴随多径回波的虚假目标航迹,并进行删除处理,否则,判定其为非多径回波类候选航迹并进行后续自动航迹处理(方法同步骤6中相同,判断候选航迹是否与同一参照目标的稳定拓扑关系持续时间大于阈值,在此情况,阈值一般取经验值5,原则上不小于步骤6中的阈值,可由工程情况确定);

[0013] 步骤9,对非多径回波类的候选航迹,基于目标运动学特征、回波外形尺寸、回波信号幅度、回波持续周期数以及所处机场区域多层图中的区域类型,进行综合判断并自动起始目标航迹,剔除虚假航迹,实现对机场场面全域活动目标自动录取(步骤9属于现有技术,并非本发明创新点)。

[0014] 其中,步骤1包括如下步骤:

[0015] 步骤1-1,在机场场面平面图上,标定雷达原点位置,校正平面图和雷达系统误差,叠加显示场面平面图与监视雷达回波视频;

[0016] 步骤1-2,基于机场地理信息,绘制各种功能性封闭区域,实现对机场场面的完整性划分;各种功能性封闭区域包括:跑道、滑行道、草坪、连络道、停机坪、多径效应易发区、多径屏蔽区以及多径效应不确定区;

[0017] 步骤1-3,定义区域类型值:Bit0为跑道、Bit1为滑行道、Bit2为草坪、Bit3为连络道、Bit4为停机坪、Bit5为多径效应易发区、Bit6为多径效应屏蔽区、Bit7为多径效应不确定区;当区域类型值比特位为1,则表示相应区域类型有效;

[0018] 步骤1-4,人工观察机场场面雷达反射视频回波,根据雷达多径效应产生的规律、特点和场面活动目标运动道路约束限制等因素,人工鉴别、确认机场场面多径效应易发区(由于场面运动的飞机、车经过某局部电磁波强反射面/点时容易诱发多径效应,多径回波呈规律性、频繁地落在该局部区域内)、多径效应屏蔽区(真实目标伴随多径回波可能落在飞机、车等非活动区域)和多径效应不确定性区,在步骤1-2中绘制各种功能性封闭区域基础上,叠加绘制以多径角度分类的局部区域,得到区域多层图;在区域多层图中,同一位置能够同时属于不同功能性封闭区域的重叠区。

[0019] 步骤4包括如下步骤:

[0020] 步骤4-1,以新生目标的候选航迹为基准,在以候选航迹为方位中心的扇区内,在雷达原点与新生目标的候选航迹位置之间,搜索是否存在真实目标航迹,若存在,则确定该目标为候选航迹的参照目标;

[0021] 步骤4-2,在候选航迹的维持阶段,记录候选航迹批号和参照目标批号表,统计候选航迹与参照目标维持位置几何拓扑关系的次数,为后续判断该候选航迹是否为伴随多径回波造成的虚假航迹提供依据。

[0022] 步骤5中,若候选航迹的区域类型中多径效应屏蔽区的区域类型值BIT比特位有效,表示候选航迹落在多径效应屏蔽区,则直接删除由落在此区域回波生成的候选航迹,避免因可能是多径效应造成的虚假目标航迹起始。譬如,在跑道旁的局部草坪可被多重定义为多径效应屏蔽区,落在该区域的候选航迹禁止自动起始。

[0023] 步骤6中,对于伴随多径回波造成的虚假目标航迹处理分两种情况进行处理:

[0024] 情况一:抑制与参照的真实目标运动方向一致的候选航迹自动起始,其处理步骤如下:

[0025] 步骤6-1-1,假设在候选航迹创建后的第 k_i 个雷达天线扫描周期进行目标正式航迹的起始决策;

[0026] 假设候选航迹航向为 $dCandTrkCourse_i, i=1,2,\dots,k_i$,航速为 $dCandTrkSpeed_i$,参照目标的航向为 $dRefTrkCourse_j, j=1,2,\dots,k_j$,航速为 $dRefTrkSpeed_j$,其中 $k_j>k_i\geq 4$; i, j 分别表示候选航迹的天线扫描周期计数变量和目标航迹的天线扫描周期计数变量, k_j 表示雷达天线扫描周期数;

[0027] 步骤6-1-2,采用如下公式分别计算候选航迹与参照目标之间多周期的航向差值 $dDeltaCourse_1$,以及候选航迹与参照目标之间多周期的航速差值 $dDeltaSpeed_1$:

[0028] $dDeltaCourse_1 = |dCandTrkCourse_i - dRefTrkCourse_j|,$

[0029] $dDeltaSpeed_1 = |dCandTrkSpeed_i - dRefTrkSpeed_j|,$

[0030] 其中,常数 $1\geq 4$;

[0031] 步骤6-1-3,统计候选航迹与参照目标之间多周期的航向 $dDeltaCourse_1$ 与候选航迹与参照目标之间多周期的航速误差 $dDeltaSpeed_1$ 都不大于阈值(此处两个阈值为工程经验值)的次数,若满足“N/M”逻辑判决准则(M次逻辑判断中N次判断成立, $M\geq N$,如“N/M”取“3/4”,即连续4次判断中有3次满足判决条件; $dDeltaSpeed_1$ 阈值取2米/秒,阈值一般取工程经验值),则判定候选航迹与参照目标的运动方向一致,判定候选航迹是由参照目标的较稳定伴随多径回波生成的虚假目标,删除处理该候选航迹;若不满足判决准则,则暂时排除是虚假航迹可能,进行后续处理;

[0032] 情况二:抑制为参照目标径向上特征起伏大、两次以上反射的复杂多径造成的虚假目标候选航迹,其处理步骤如下:

[0033] 步骤6-2-1,假设在候选航迹创建后的第 k_i 个雷达天线扫描周期进行多径回波的虚假航迹判定,目标回波所占量化单元数、方位宽度、距离宽度分别为: $nEchoShapeSizeUnits_i, nEchoAzimuthWidth_i, nEchoDistanceWidth_i$;

[0034] 步骤6-2-2,通过如下公式分别计算候选航迹与参照目标之间多周期的航向差值 $dDeltaEchoCourse_m$ 单位为度;候选航迹与参照目标之间多周期的航速差值 $dDeltaEchoSpeed_m$,单位为米/秒;邻近两个周期目标回波所占量化单元数差值 $nDeltaEchoShapeSizeUnits_m$,单位为单元数;邻近两个周期目标回波方位宽度差值 $nDeltaEchoAzimuthWidth_m$,单位为方位量化单元;邻近两个周期距离宽度差值 $nDeltaDistanceWidth_m$,单位为距离量化单元:

[0035] $dDeltaEchoCourse_m = |dCandTrkCourse_i - dCandTrkCourse_{i-1}|,$

[0036] $dDeltaEchoSpeed_m = |dCandTrkSpeed_i - dCandTrkSpeed_{i-1}|,$

[0037] $nDeltaEchoShapeSizeUnits_m = |nEchoShapeSizeUnits_i - nEchoShapeSizeUnits_{i-1}|$

|,

[0038] $n\Delta EchoAzimuthWidth_m = |nEchoAzimuthWidth_i - nEchoAzimuthWidth_{i-1}|$,

[0039] $n\Delta DistanceWidth_m = |nEchoDistanceWidth_i - nEchoDistanceWidth_{i-1}|$,

[0040] $i = 2, \dots, k_i, m = 1, \dots, k_i - 1$,

[0041] 其中, m 表示计算变量;

[0042] 步骤6-2-3, 统计判断参数 $d\Delta EchoCourse_m$ 、 $d\Delta EchoSpeed_m$ 、 $n\Delta EchoShapeSizeUnits$ 与 $n\Delta EchoAzimuthWidth_m$ 、 $n\Delta DistanceWidth_m$ 都不小于阈值的次数, 若满足“N/M”逻辑判决准则, 则判定候选航迹与参照目标的运动方向基本一致, 判定候选航迹是多次反射复杂多径造成的虚假目标候选航迹, 删除该候选航迹, 若不满足判决准则, 则暂时排除是虚假航迹可能, 进行后续处理。一般情况下, $d\Delta EchoCourse_m$ 、 $d\Delta EchoSpeed_m$ 、 $n\Delta EchoShapeSizeUnits$ 与 $n\Delta EchoAzimuthWidth_m$ 、 $n\Delta DistanceWidth_m$ 的阈值, 以及“N/M”中M、N的取值由工程经验确定。

[0043] 例如, 依据工程情况, 目标的航向差值 $d\Delta EchoCourse_m$ 、航速差值 $d\Delta EchoSpeed_m$ 、目标回波所占量化单元数差值 $n\Delta EchoShapeSizeUnits$ 与目标回波方位宽度差值目标回波距离宽度差值 $n\Delta EchoAzimuthWidth_m$ 、 $n\Delta DistanceWidth_m$ 等特征量阈值分别取 10° 、5m/s、20个单元数、10个方位量化单元、4个距离量化单元等, 采用“3/4”逻辑判决准则, 即各个特征量差值在连续4次判决过程中所有特征量存在3次及以上都大于特征阈值情形, 可视该目标特征起伏较大情况。

[0044] 步骤7包括如下步骤:

[0045] 步骤7-1, 选定多径效应易发区道路(如联络道、滑行道、跑道等)中心标识线两个端点;

[0046] 步骤7-2, 计算候选航迹最新4个历史时刻的位置与中心线两个端点之间的距离对序列:

[0047] $(AT_{k1}, BT_{k1}), (AT_{k2}, BT_{k2}), (AT_{k3}, BT_{k3}), (AT_{k4}, BT_{k4})$,

[0048] 其中, k_1, k_2, k_3, k_4 表示最新4个历史时刻, AT_{k1} 表示 k_1 时刻航迹位置与中心线端点A之间的距离, AT_{k2} 表示 k_2 时刻航迹位置与中心线端点A之间的距离, AT_{k3} 表示 k_3 时刻航迹位置与中心线端点A之间的距离, AT_{k4} 表示 k_4 时刻航迹位置与中心线端点A之间的距离, BT_{k1} 表示 k_1 时刻航迹位置与中心线端点B之间的距离, BT_{k2} 表示 k_2 时刻航迹位置与中心线端点B之间的距离, BT_{k3} 表示 k_3 时刻航迹位置与中心线端点B之间的距离, BT_{k4} 表示 k_4 时刻航迹位置与中心线端点B之间的距离, 若 $AT_{k1} > AT_{k2} > AT_{k3} > AT_{k4}$ 且 $BT_{k1} < BT_{k2} < BT_{k3} < BT_{k4}$ 成立, 则道路矢量方向为 \overline{BA} , 计算道路矢量方向 \overline{BA} 与候选航迹运动方向之间的夹角 θ ; 若 $AT_{k1} < AT_{k2} < AT_{k3} < AT_{k4}$ 且 $BT_{k1} > BT_{k2} > BT_{k3} > BT_{k4}$ 成立, 则道路矢量方向为 \overline{AB} , 计算 \overline{AB} 与候选航迹运动方向之间的夹角 θ ;

[0049] 步骤8-3, 考虑到雷达测量、估计存在的误差和确定性, 若夹角 θ 大于(较大)阈值, 阈值一般取工程经验值 10° , 可视情况可调整。则航迹正式起始阶段时, 则可视其为多径或其它干扰引起的虚假航迹, 则删除该候选航迹。

[0050] 本发明方法在于根据场面监视雷达多径效应产生的机理、规律、特点, 机场场面目

标运动路径约束,充分利用机场地理信息,将机场场面划分出不同类型或不同干扰程度的不规则多径易发区域、功能区;在目标航迹起始阶段,充分利用构造的不同功能区和雷达多径易发区这一辅助先验信息,判别潜在多径虚假目标与真实目标的几何位置关系,结合目标运动学特征、回波外形尺寸、回波信号幅度、回波持续周期数等多方面因素综合处理、判决,抑制由多径假回波引起的虚假目标航迹。

[0051] 有益效果:本发明根据场面监视雷达多径效应产生的规律和特点,提出了一种基于地理信息和多目标几何位置关系,结合目标运动学特征、回波外形尺寸、回波信号幅度、回波持续周期数,以及机场道路目标运动规则约束等多方面因素综合处理、判决,抑制由多径假回波引起的虚假目标航迹,为机场场面活动目标高级引导控制系统提供稳定、可靠的航迹信息具有重要意义。本发明根据场面监视雷达多径产生的机理、规律和特点,在航迹自动起始阶段,构建雷达多径易发区域这一辅助先验信息,判别潜在多径虚假目标与真实目标的几何位置关系,结合目标运动学特征、回波外形尺寸、回波信号幅度、回波持续周期数和目标所处位置地理信息等多方面因素综合处理、判决,抑制由多径假回波引起的虚假目标航迹,克服传统雷达航迹起始方法中仅利用目标位置、运动状态等信息进行航迹起始而容易产生虚假航迹的问题,提高了机场复杂环境下的目标航迹自动起始正确率,从而确保场面监视雷达为机场场面活动目标高级引导控制系统提供高质量、高可信度的目标航迹。

[0052] 本发明与现有技术相比,其显著优点是:(1)根据机场地理信息、机场雷达多路径效应产生的规律及频发位置,将机场场面划分出不同类型或不规则多径易发区域、功能区,为抑制潜在多径回波引起的虚假航迹产生提供一定先验辅助先验,提高多径效应发生判决的准确性。(2)依据场监雷达多路径效应产生的机理,搜索参照目标,构建潜在雷达多路径虚假回波与真实目标的几何位置关系,结合目标运动学特征、回波外形尺寸、回波信号幅度、回波持续周期数等多方面因素进行综合处理、判决,抑制由多径效应回波造成的虚假目标航迹起始。(3)利用雷达多径易发区域先验信息,依据机场目标运动的道路规则约束,判断回波运动学特征是否符合约束规则,抑制潜在因多径回波或其它干扰造成的虚假目标航迹起始。

附图说明

[0053] 图1为机场场面监视雷达多径虚假航迹抑制处理流程图。

[0054] 图2为基于机场平面的场面区域划分示意。

[0055] 图3为基于雷达极坐标“方位-距离”量化单元的区域类型标识示意图。

[0056] 图4为雷达伴随多径回波与参照目标位置的几何拓扑关系。

[0057] 图5a和图5b为落在草坪的滑行飞机伴随多径回波。

[0058] 图6为落在跑道的滑行飞机伴随多径回波。

[0059] 图7为雷达回波运动方向与道路中心线成一定夹角示意图。

具体实施方式

[0060] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做更进一步的具体说明。本发明能够根据机场场面监视雷达多径效应产生的规律、特点和场面活动目标运动道路约束,将机场场面划分出不同功能类型和雷达多径效应易发区域;在目标航迹自动起始阶段,充分利用构造

的不同功能区和雷达多径易发区这一辅助先验信息,搜索参照目标,构建潜在雷达多路径虚假回波与真实目标的几何位置关系,结合目标运动学特征、回波外形尺寸、回波信号幅度、回波持续周期数等多方面因素进行综合处理、判决,抑制由雷达多径效应造成的虚假目标航迹起始。

[0061] 结合图1说明本发明一种从数据级层面抑制机场场面监视雷达多路径回波虚假航迹生成的方法。

[0062] 结合图2、图3说明步骤1、步骤2机场场面不同功能类型区的完备性划分,多径效应易发区域的鉴别、确定,及候选航迹所处位置区域类型获取方法。

[0063] 结合图4说明步骤5候选航迹与真实目标的几何位置拓扑关系构建方法。

[0064] 结合图5~图7说明步骤6~步骤9中相关多径效应引起的虚假目标候选航迹删除方法。

[0065] 如图1所示,本发明包括如下步骤:

[0066] 步骤1,划分机场场面的功能类型区域:基于机场场面平面图(或卫星图、电子地图)和监视雷达回波视频状况,依据场面活动目标(如起降的飞机、各种用途的车辆等)运动道路约束限制、雷达多径效应产生的规律、特点和频发的地理条件,将整个机场平面按照不同功能和雷达多径效应易发的多类型区域进行完备性划分,即将机场每个位置都划分到特定类型区域内,并对区域类型值进行BIT比特位定义,如图2所示,得到区域多层图;

[0067] 步骤2,以雷达基站为原点,将区域多层图转换成采用雷达极坐标系下方位距离量化单元标识的机场区域静态图,从而建立雷达极坐标下任意位置方位距离索引表示与区域类型值之间的一一映射关系;一般情况下,方位量化单元范围0~8191,距离量化单元范围为0~8191,如图3所示;

[0068] 步骤3,在目标航迹自动起始阶段,基于雷达实时探测到的回波,即点迹,创建潜在新生目标的候选航迹;

[0069] 步骤4,在候选航迹维持阶段,对候选航迹进行多周期点迹航迹数据关联和维持处理,统计候选航迹的回波外形尺寸、信号幅度、运动学特征(航向、航速及其变化率)和持续周期数,每个周期搜索已经建立正式航迹的参照目标,构建雷达多径回波造成的虚假目标候选航迹与真实目标的航迹位置之间的几何位置拓扑关系,并统计拓扑关系持续时间(以雷达天线扫描周期数来衡量);

[0070] 步骤5,在目标航迹自动起始决策周期,根据候选航迹的方位距离位置信息,获取其区域类型值,删除不符合要求的候选航迹;

[0071] 步骤6,若候选航迹所处位置的区域类型值中多径效应易发区的BIT比特位有效,判断步骤4中候选航迹是否与同一参照目标的稳定拓扑关系持续周期数大于阈值(阈值一般取经验值4,可依工程情况确定),若是,则判定其为伴随多径回波的虚假目标航迹,并进行相应处理;

[0072] 步骤7,对于步骤6中,落在多径效应易发区但不能明确作为参照目标伴随多径而删除处理的候选航迹,基于机场活动目标运动道路约束,进一步判断其航向是否与道路方向之间存在较大夹角,若是,则判定为可能是多径或其它干扰引起的虚假目标航迹,删除该候选航迹,否则,判定其为非多径回波类候选航迹并进行后续自动航迹处理;

[0073] 步骤8,若候选航迹处于步骤1中定义的多径效应不确定区,判断其是否可能为参

照目标的简单多径回波造成的虚假目标候选航迹、与参照真实目标运动方向严格约束一致(方法同步骤6中相同,判断选航迹是否与同一参照目标的稳定拓扑关系持续周期数大于阈值,阈值一般取经验值5,判定约束条件阈值,可依工程情况确定),若是,则确定该候选航迹为多径回波虚假目标候选航迹,作删除处理;若不是,则视其为非多径回波类候选航迹并进行后续自动航迹处理;

[0074] 步骤9,对非多径回波类的候选航迹,基于目标运动学特征、回波外形尺寸、回波信号幅度、回波持续周期数以及所处机场区域多层图中的区域类型,进行综合判断并自动起始目标航迹,剔除虚假航迹,实现对机场场面全域活动目标自动录取。

[0075] 其中,步骤1包括如下步骤:

[0076] 步骤1-1,在机场场面平面图上,标定雷达原点位置,校正平面图和雷达系统误差,叠加显示场面平面图与监视雷达回波视频;

[0077] 步骤1-2,基于机场地理信息,绘制各种功能性封闭区域,实现对机场场面的完整性划分;各种功能性封闭区域包括:跑道、滑行道、草坪、连络道、停机坪、多径效应易发区、多径屏蔽区以及多径效应不确定区,

[0078] 步骤1-3,定义区域类型值:Bit0为跑道、Bit1为滑行道、Bit2为草坪、Bit3为连络道、Bit4为停机坪、Bit5为多径效应易发区、Bit6为多径效应屏蔽区、Bit7为多径效应不确定区;当区域类型值比特位为1,则表示相应区域类型有效;

[0079] 步骤1-4,人工较长时间地观察雷达所探测到的机场场面反射视频回波,根据雷达多径效应产生的规律、特点和场面活动目标运动道路约束限制等因素,鉴别、确认机场场面多径效应易发区(由于场面运动的飞机、车经过某局部电磁波强反射面/点时容易诱发多径效应,多径回波呈规律性、频繁地落在该局部区域内)、多径效应屏蔽区(真实目标伴随多径回波可能落在飞机、车等非活动区域)和多径效应不确定性区,在步骤1-2中绘制各种功能性封闭区域基础上,叠加绘制以多径角度分类的局部区域,得到区域多层图;在区域多层图中,同一位置能够同时属于不同功能性封闭区域的重叠区。

[0080] 步骤4包括如下步骤:

[0081] 步骤4-1,以新生目标的候选航迹为基准,在以候选航迹为中心的扇区内(扇区大小以候选航迹回波为基准作一定外扩),在距离雷达原点近距离处一侧,搜索是否存在真实目标航迹,若存在,则确定该目标为候选航迹的参照目标,多径回波与参照目标位置的几何拓扑关系见图4;

[0082] 步骤4-2,在候选航迹的维持阶段,记录候选航迹批号和参照目标批号表,统计候选航迹与参照目标维持位置几何拓扑关系的次数,为后续判断该候选航迹是否为伴随多径回波造成的虚假航迹提供依据。

[0083] 步骤5中,若候选航迹的区域类型中多径效应屏蔽区的区域类型值BIT比特位有效,即为1,则删除该候选航迹。避免因可能是多径效应造成的虚假目标航迹起始。譬如,在跑道旁的局部草坪可被多重定义为多径效应屏蔽区,落在该区域的候选航迹禁止自动起始,如图5a和图5b所示。

[0084] 步骤6中,对于伴随多径回波造成的虚假目标航迹处理分两种情况进行处理:

[0085] 情况一:抑制与参照的真实目标运动方向一致的候选航迹自动起始,如图6所示,其处理步骤如下:

[0086] 步骤6-1-1,假设在候选航迹创建后的第 k_i 个雷达天线扫描周期进行目标正式航迹的起始决策,

[0087] 假设候选航迹航向为 $dCandTrkCourse_i, i=1,2,\dots,k_i$,航速为 $dCandTrkSpeed_i$,参照目标的航向为 $dRefTrkCourse_j, j=1,2,\dots,k_j$,航速为 $dRefTrkSpeed_j$,其中 $k_j>k_i\geq 4$;

[0088] 步骤6-1-2,采用如下公式分别计算候选航迹与参照目标之间多周期的航向 $dDeltaCourse_1$,以及候选航迹与参照目标之间多周期的航速误差 $dDeltaSpeed_1$:

[0089] $dDeltaCourse_1 = |dCandTrkCourse_i - dRefTrkCourse_j|,$

[0090] $dDeltaSpeed_1 = |dCandTrkSpeed_i - dRefTrkSpeed_j|,$

[0091] 其中,常数 $1\geq 4$;

[0092] 步骤6-1-3,统计候选航迹与参照目标之间多周期的航向 $dDeltaCourse_1$ 与候选航迹与参照目标之间多周期的航速误差 $dDeltaSpeed_1$ 都不大于阈值的次数,若满足“N/M”逻辑判决准则(如“N/M”取“3/4”,即连续4次判断中有3次满足判决条件),则判定候选航迹与参照目标的运动方向一致,判定候选航迹是由参照目标的较稳定伴随多径回波生成的虚假目标,作删除处理;

[0093] 情况二:抑制为参照目标径向上特征起伏较大、多次反射的复杂多径造成的虚假目标候选航迹,其处理步骤如下:

[0094] 步骤6-2-1,假设在候选航迹创建后的第 k_i 个雷达天线扫描周期进行多径回波的虚假航迹判定,目标回波所占量化单元数、方位宽度、距离宽度分别为: $nEchoShapeSizeUnits_i, nEchoAzimuthWidth_i, nEchoDistanceWidth_i$;

[0095] 步骤6-2-2,通过如下公式分别计算候选航迹与参照目标之间多周期的航向差值 $dDeltaEchoCourse_m$ 单位为度;候选航迹与参照目标之间多周期的航速差值 $dDeltaEchoSpeed_m$,单位为米/秒;邻近两个周期目标回波所占量化单元数差值 $nDeltaEchoShapeSizeUnits_m$,单位为单元数;邻近两个周期目标回波方位宽度差值 $nDeltaEchoAzimuthWidth_m$,单位为方位量化单元;邻近两个周期距离宽度差值 $nDeltaDistanceWidth_m$,单位为距离量化单元:

[0096] $dDeltaEchoCourse_m = |dCandTrkCourse_i - dCandTrkCourse_{i-1}|,$

[0097] $dDeltaEchoSpeed_m = |dCandTrkSpeed_i - dCandTrkSpeed_{i-1}|,$

[0098] $nDeltaEchoShapeSizeUnits_m = |nEchoShapeSizeUnits_i - nEchoShapeSizeUnits_{i-1}|,$

[0099] $nDeltaEchoAzimuthWidth_m = |nEchoAzimuthWidth_i - nEchoAzimuthWidth_{i-1}|,$

[0100] $nDeltaDistanceWidth_m = |nEchoDistanceWidth_i - nEchoDistanceWidth_{i-1}|,$

[0101] $i=2,\dots,k_i, m=1,\dots,k_i-1$

[0102] 步骤7-2-3,统计判断参数 $dDeltaEchoCourse_m, dDeltaEchoSpeed_m, nDeltaEchoShapeSizeUnits$ 与 $nDeltaEchoAzimuthWidth_m, nDeltaDistanceWidth_m$ 都不小于阈值的次数,若满足“N/M”逻辑判决准则,则判定候选航迹与参照目标的运动方向基本一致,判定候选航迹是多次反射复杂多径造成的虚假目标候选航迹,作删除处理。

[0103] 例如,依据工程情况,目标的航向差值 $dDeltaEchoCourse_m$ 、航速差值 $dDeltaEchoSpeed_m$ 、目标回波所占量化单元数差值 $nDeltaEchoShapeSizeUnits$ 与目标回波方位宽度差值目标回波距离宽度差值 $nDeltaEchoAzimuthWidth_m, nDeltaDistanceWidth_m$ 等

特征量阈值分别取 10° 、 5m/s 、20个单元数、10个方位量化单元、4个距离量化单元等,采用“3/4”逻辑判决准则,即各个特征量差值在连续4次判决过程中所有特征量存在3次及以上都大于特征阈值情形,可视该目标特征起伏较大情况。

[0104] 步骤7包括如下步骤:

[0105] 步骤7-1,选定多径效应易发区道路(如连络道、滑行道、跑道等)中心标识线两个端点;

[0106] 步骤7-2,计算候选航迹最新的邻近4个历史位置与道路中心线两个端点之间的距离组序列:

[0107] $(AT_{k1}, BT_{k1}), (AT_{k2}, BT_{k2}), (AT_{k3}, BT_{k3}), (AT_{k4}, BT_{k4}),$

[0108] k_1, k_2, k_3, k_4 表示最新4个历史时刻, AT_{k1} 表示 k_1 时刻航迹位置与中心线端点A之间的距离, AT_{k2} 表示 k_2 时刻航迹位置与中心线端点A之间的距离, AT_{k3} 表示 k_3 时刻航迹位置与中心线端点A之间的距离, AT_{k4} 表示 k_4 时刻航迹位置与中心线端点A之间的距离, BT_{k1} 表示 k_1 时刻航迹位置与中心线端点B之间的距离, BT_{k2} 表示 k_2 时刻航迹位置与中心线端点B之间的距离, BT_{k3} 表示 k_3 时刻航迹位置与中心线端点B之间的距离, BT_{k4} 表示 k_4 时刻航迹位置与中心线端点B之间的距离,与道路中心线成一定夹角的运动回波示意图见图7。若 $AT_{k1} > AT_{k2} > AT_{k3} > AT_{k4}$ 且 $BT_{k1} < BT_{k2} < BT_{k3} < BT_{k4}$ 成立,则道路矢量方向为 \overline{BA} ,计算道路矢量方向 \overline{BA} 与候选航迹运动方向之间的夹角 θ ;若 $AT_{k1} < AT_{k2} < AT_{k3} < AT_{k4}$ 且 $BT_{k1} > BT_{k2} > BT_{k3} > BT_{k4}$ 成立,则道路矢量方向为 \overline{AB} ,计算 \overline{AB} 与候选航迹运动方向之间的夹角 θ ;

[0109] 步骤8-3,考虑到雷达测量、估计存在的误差和确定性,若夹角 θ 大于(较大)阈值(如 10° ,可视工程情况取值),则航迹正式起始阶段时,则可视其为多径或其它干扰引起的虚假航迹,则删除该候选航迹。

[0110] 本发明提供了一种机场场面监视雷达多径虚假目标航迹抑制方法,具体实现该技术方案的方法和途径很多,以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。本实施例中未明确的各组成部分均可用现有技术加以实现。

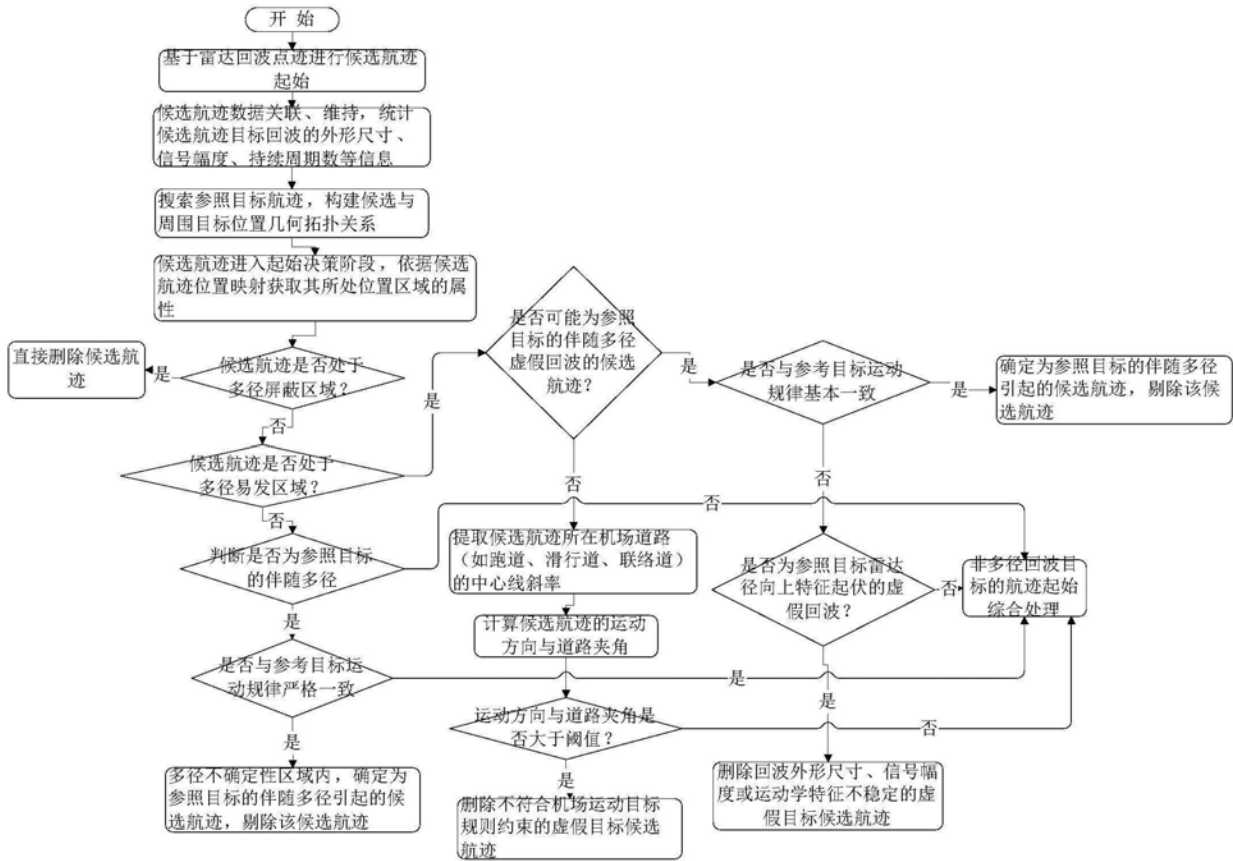


图1

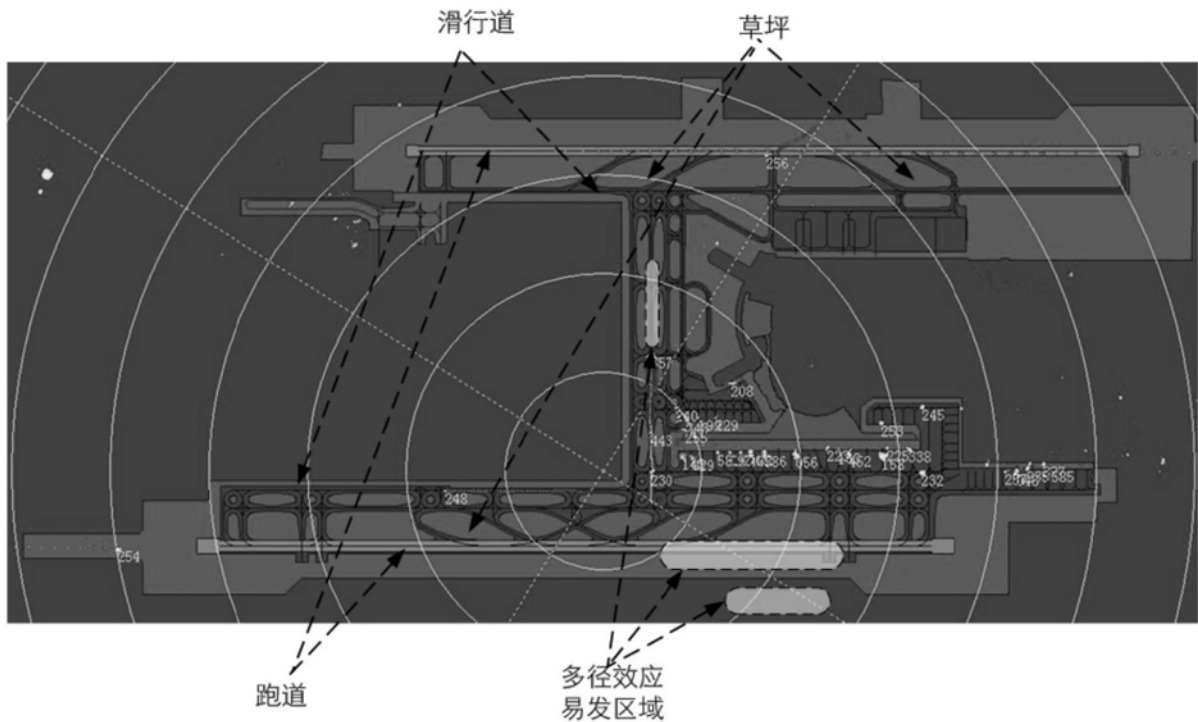


图2

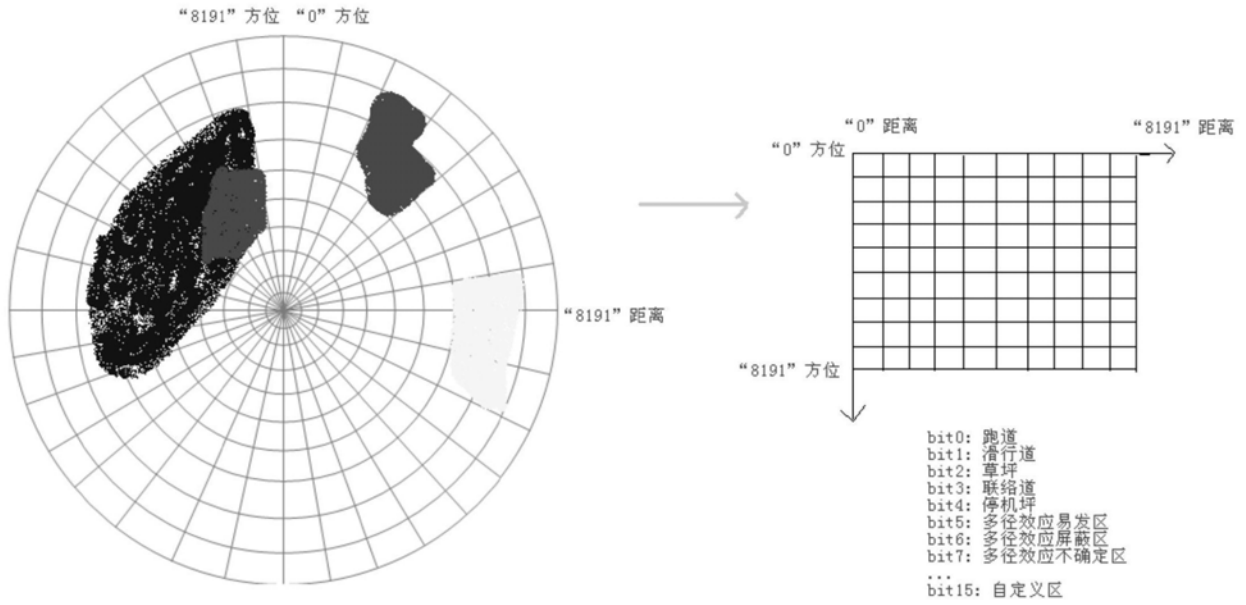


图3

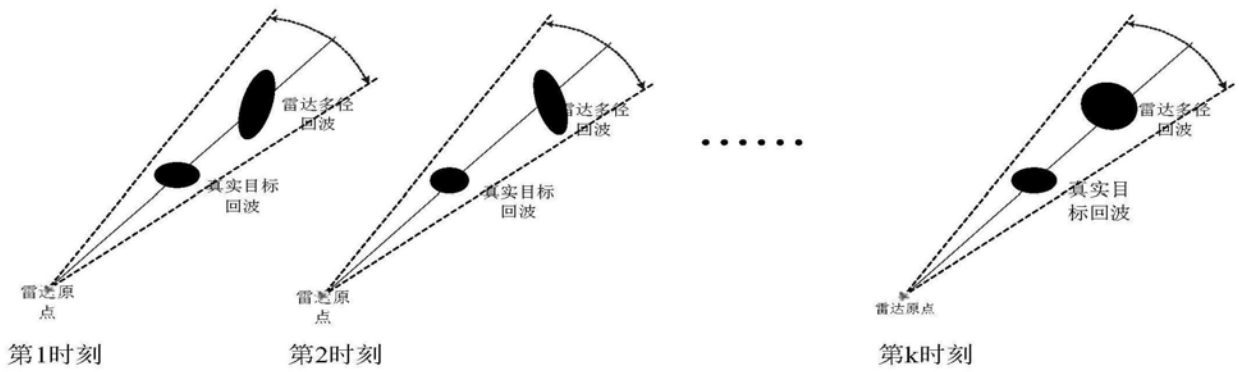


图4

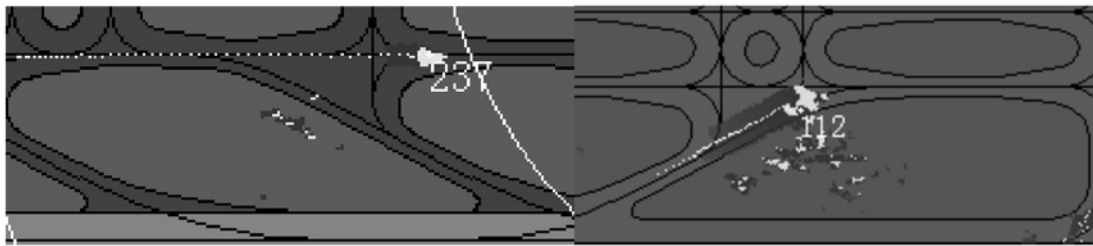


图 5a

图 5b

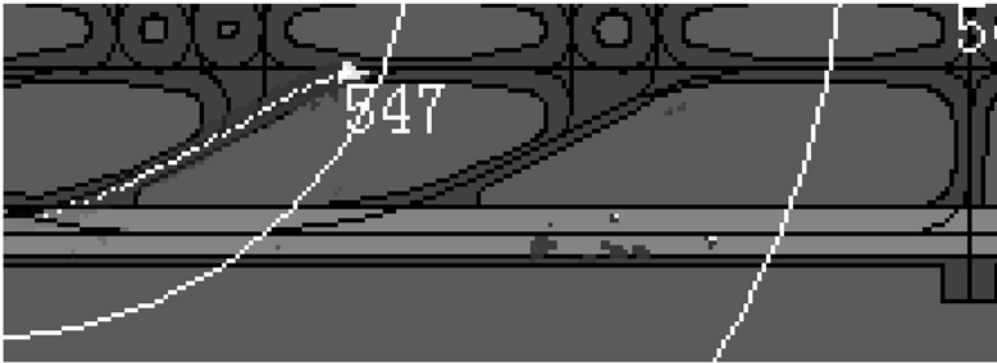


图6

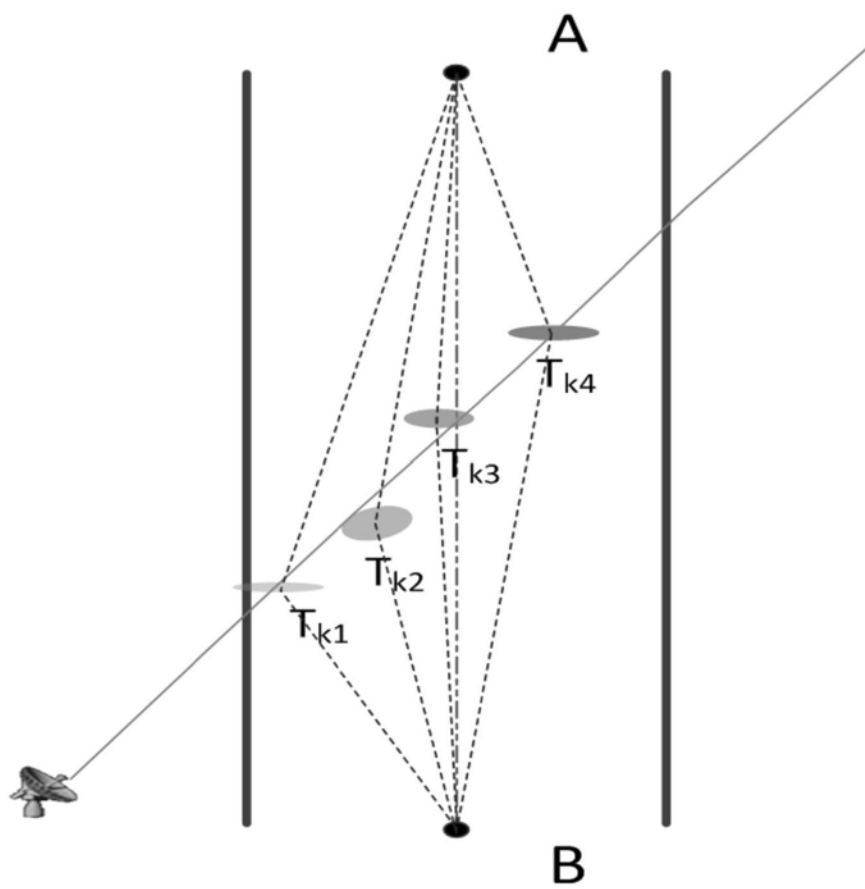


图7