

· 恢复工程 ·

中图分类号: TN959.1+7

文献标识码: A

文章编号: 1004-7859(2009)02-0017-03

基于 RCS 信息的雷达目标大小分类方法

王 洋, 李玉书, 张 健

(北京跟踪与通信技术研究所, 北京 100094)

【摘要】 由于低分辨率雷达信息量有限, 不能对目标的属性特征等做出精确的判断分类, 只能做到粗略的分类判断。因此, 文中给出了一种雷达散射截面(RCS)统计信息的低分辨率雷达对目标大小的分类方法。讨论了一种利用最大最小距离的聚类模式识别算法。并通过对实测数据的处理对算法进行了验证, 证实了利用 RCS 统计特性结合最大最小距离的聚类模式识别算法对目标进行大小分类的可行性。

【关键词】 雷达散射截面; 最大最小距离算法; 目标分类

A Method of Radar Targets Size Classification Based on RCS Information

WANG Yang, LI Yu-shu, ZHANG Jian

(Beijing Institute of Tracking and Telecommunications Technology, Beijing 100094, China)

【Abstract】 Because information obtained by low-resolution radar is limited, it can't classify the targets accurately. This paper introduces a method for target size classification which is based on the statistical RCS information from the low-resolution radar. A method of max-min distance clustering pattern recognition is discussed. Finally, using to the real radar data the correctness of the method is verified.

【Key words】 RCS; max-min distance method; target classification

0 引言

对于雷达目标来讲, 对其身份和属性的判别是主要问题, 只有在确认了其身份和属性之后才能更好地了解目标的特性, 从而对其进行分析和处理。因此, 对目标进行类型、属性的判别便成了目前雷达目标分类判别的关键技术和难点。就现阶段雷达的发展来看, 低分辨率雷达目前仍然是一种主要的目标探测传感器, 尽管其信息量比较有限, 但其造价相对低廉, 因而应尽力挖掘低分辨率雷达对目标进行分类判别的潜力。依靠低分辨率雷达进行目标分类判别, 主要采用的手段是利用回波的雷达散射截面(RCS)特性对目标进行属性和类别的判断。本文主要阐述了基于 RCS 统计信息和聚类模式识别技术对雷达目标大小进行分类判别的一种方法^[1]。

1 雷达散射截面(RCS)

目标的雷达散射截面(RCS)是表征雷达目标对于照射电磁波散射能力的一个物理量。定义为单位立体角内目标朝接收方向散射的功率与从给定方向入射于该目标平面波功率密度之比的 4π 倍^[2]。因此, 雷达

散射截面中包含有大量的目标特征信息, 因此其为进行雷达目标识别的重要参数。对于低分辨率雷达, 利用 RCS 进行目标的分类判断目前仍是其主要的研究手段。

在基于 RCS 信息的低分辨率雷达对目标进行分类时, RCS 的幅度序列是具有统计特性的, 并以某些统计参数体现出来, 如均值、方差、标准差、极大值、极小值等。这些统计参数从不同角度对目标 RCS 序列的统计特性进行了描述, 可作为目标分类的特征量^[3-4]。

常用的 RCS 统计特性主要有位置特征参数、散布特征参数、分布特征参数及相关特征参数等统计特征量。在这些统计量中, 位置特征参数和散布特征参数相对比较简单和直观, 可以选择作为待识别特征量。那么, 要对空间目标的大小尺寸进行识别, 就需要选择能反映目标大小尺寸的统计特征参数作为识别量, 本文选择了位置特征参数和散布特征参数中的均值和标准差作为待识别的特征量。

从统计学的意义上讲, 均值在一定意义上表示随机变量的平均值, 它反映了随机变量取值的集中位置^[5]。对于不同的空间目标, 由于其形状、大小等结构的不同, 导致其 RCS 值有很大的不同。一般来讲, 对于尺寸较大的目标, 其 RCS 出现较大值的概率也较高, 因此, 其均值较大。反之, 对于尺寸较小的目标, 其

均值较小。为了准确的对空间目标的尺寸大小做出判断,仅仅选择 RCS 的均值作为待识别特征量是不够的。例如,当 2 个目标的 RCS 均值相同时,不能完全肯定这 2 个目标的尺寸大小基本相同。因为,可能存在由于雷达测量误差或其他因素的影响,使得某一个目标的 RCS 序列值起伏很大,分布比较分散,从而,可能出现和另外一个 RCS 序列值分布比较集中,起伏不是很大的目标的均值一样的情况。为了避免这种情况的发生,有必要再选择一个能表现随机变量分布特征的统计参数做为待识别的特征量。在统计学中,用标准差来表示偏离均值的散布程度^[5]。标准差越大,表示偏离均值的程度越大;标准差越小,表示偏离均值的程度越小。

通过考察一个空间目标 RCS 序列的均值和标准差,可以大致了解空间目标的大小尺寸情况,通过适当的分类准则,可以实现对目标的粗略分类。

2 分类识别算法

目前,可用于目标分类识别的模式识别算法主要有统计模式识别、模糊模式识别和聚类分析 3 种。

统计模式识别是传统的模式识别方法,主要依据类的先验概率、概率,按照某种准则使分类识别结果从统计上讲是最佳的。然而在实际中,类的先验概率往往不能精确知道或在分析过程中是变化的,从而使判决不是最佳,形成比较大的误判率,平均损失变大。

模糊模式识别引进了模糊性的概念,即指由于事物之间存在过渡性的事物或状态,从而使它们之间没有明确的分界线。因此在运用模糊模式识别进行判别分类时,如果找不到事物特征所属的类别,则可以不进行判别。这样就大大减少了传统模式识别所带来的比较高的误判率。但是,影响模糊模式识别判别效果的主要因素是隶属度函数的选择。而由于事物本身的复杂性,通常很难选择到合适的隶属度函数,这就大大降低了模糊模式识别的分类效果,使其在实际中的应用受到了一定的限制。

聚类分析的基本思想非常朴素、直观和简单,它是根据各个待分类的模式特征相似程度进行分类的,相似的归为一类,不相似的作为另一类。聚类的分类方法主要取决于模式特征的选择,要选择那些具有显著差别的特征,这样可大大提高聚类识别方法的正确性。对于低分辨率雷达,由于其自身的信息量有限,因此,在进行目标识别时不能对目标的精确形状尺寸进行识别分类,只能对目标进行粗略分类。因此,可以考虑利

用聚类分析的模式识别方法,寻找各目标之间的相似性,把相似的归为一类,不相似的作为另一类。这样就可以把目标比较简单、直观的进行粗略的分类^[6]。

本文介绍一种基于最大最小距离的聚类算法^[6],该算法的基本思想是设定一些分类的控制参数,定义一个能表征聚类过程或结果优劣的准则函数,聚类过程就是使准则函数取极值的优化过程。算法运行中,类心不断地修正,各模式的类别的指定也不断地更改,其具体流程如图 1 所示。

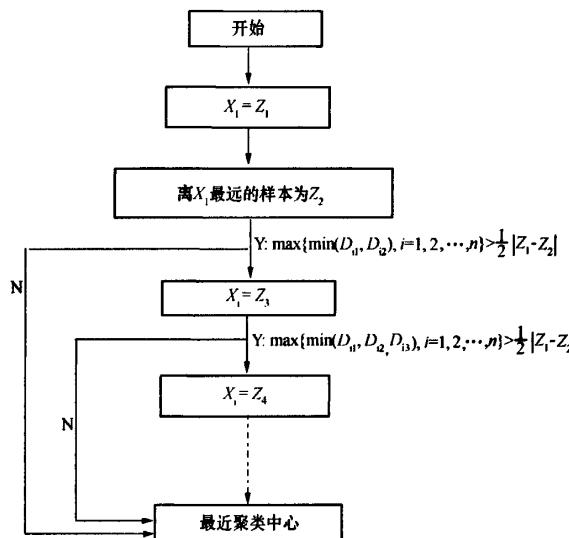


图 1 最大最小距离的聚类算法流程图

3 实测数据处理

选取 10 个目标提取其 RCS 实测幅度序列,所选目标情况见表 1。图 2 为其中 2 个目标的 RCS 幅度序列图^[7]。

表 1 所选目标情况

卫星编号	RCS 序列的均值/ m^2	RCS 序列的标准差/ m^2
232.78	2.069 4	1.238 1
237.51	2.491 1	2.323 1
144.38	2.415 1	1.015 8
121.38	1.957 6	0.762 8
233.23	13.601 7	38.218 2
282.54	0.136 5	0.120 8
235.60	6.464 9	8.220 8
207.74	2.770 9	1.254 8
253.94	21.100 6	58.535 4
255.44	385.424 6	430.384 4

对提取的 RCS 幅度序列求均值和标准差,将其所组成的矩阵做为待判别的特征量,对其进行算法的验

证处理,结果如图 3 所示:

RCS 实测数据的均值、标准差序列:

$$X_1 = (0.1365; 0.1208); X_2 = (2.4911; 2.3231);$$

$$X_3 = (2.4151; 1.0158); X_4 = (2.0694; 1.2381);$$

$$X_5 = (1.9576; 0.7628); X_6 = (2.7709; 1.2548);$$

$$X_7 = (6.4649; 8.2208); X_8 = (13.6017; 38.2182);$$

$$X_9 = (21.1006; 58.5354); X_{10} = (385.4246;$$

430.3844);

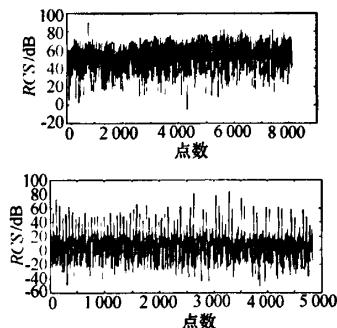


图 2 RCS 幅度序列图

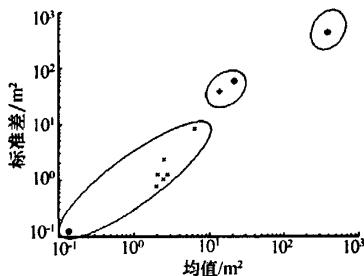


图 3 分类结果图

如图 3 所示,通过实验,将 10 个目标分为 3 类,尺寸相对较小的小目标,尺寸相对居中的中目标和尺寸相对较大的大目标。其中,圆圈代表聚类中心。分别用“×”、“+”和“*”表示不同的类别。即

第 1 类: $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7; Z_1 = X_1$

第 2 类: $X_8, X_9; Z_2 = X_8$

第 3 类: $X_{10}; Z_3 = X_{10}$

4 结束语

由于低分辨率雷达本身带宽的限制,只有在极少数情况下才有可能从窄带雷达测量中实现对目标形状和尺寸的估计,而且需要知道 RCS 序列观测点对应的确实姿态角,这在工程实现中具有较大的困难。另外从波瓣宽度的变化上有可能区别出几个目标的相对尺寸大小,但也无法获得绝对尺寸的估计。总之,在窄带雷达测量条件下,形状和尺寸估计比较困难。目前,利

用低分辨率雷达进行目标的分类判别,只能做到对目标进行粗略的分类和判别,本文给出的利用 RCS 统计特性结合最大最小距离的聚类模式识别的算法,基本上实现了对目标大小的粗略分类和判别^[8]。

参 考 文 献

- [1] Merrill I. Skolnik. 雷达系统导论 [M]. 北京:电子工业出版社,2006.
- [2] Merrill I. Skolnik. Introduction to radar systems [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2006
- [3] 陈保辉. 雷达目标反射特性 [M]. 北京:国防工业出版社,1993.
- [4] Cheng Baohui. Target reflection characteristic of radar [M]. Beijing: National defense industry Press, 1993.
- [5] 王胜,范红旗,石志广. 微动复杂目标雷达散射截面计算方法 [J]. 现代雷达, 2008,30(6):32-35,39.
- [6] Wang Sheng, Fan Hongqi, Shi Zhiguang. Calculation of the radar cross section of moving targets based on object model [J]. Modern Radar, 2008,30(6):32-35,39.
- [7] Rajan N, Morgan T, Lambour R, Kupiec I. Orbital debris size estimation from radar cross section measurements [C]// Third European Conference on Space Debris, Darmstadt, Germany :[s. n.], 2001, 83-88.
- [8] 孙山泽. 非参数统计讲义 [M]. 北京:北京大学出版社,2000.
- [9] Sun Shanze. Non-parameter teaching materials [M]. Beijing: Peking University Press, 2000.
- [10] 沈清,汤霖. 模式识别导论 [M]. 长沙:国防科技大学出版社,1991.
- [11] Shen Qing, Tang Lin. Introduction to pattern recognition [M]. Changsha: National University of Defence Technology publishing House, 1991.
- [12] 范影乐,杨胜天,李铁. MATLAB 仿真应用详解 [M]. 北京:人民邮电出版社,2001.
- [13] Fan Yingle, Yang Shengtian, Li Yi. Petailed analysis on matlab simulation application [M]. Beijing: Posts&Telecom Press, 2001.
- [14] Mehrhdz D. Radar techniques for the characterization of meter-sized objects in Space [J]. Advanced Space Research, 2001, 28(9):1259-1268.

王 洋 女,1981 年生,硕士,现为北京跟踪与通信技术研究所五室工程师。研究方向为雷达总体工程技术。

李玉书 男,1961 年生,研究员。研究方向为测控设备总体技术。

张 健 男,1978 年生,硕士,现为北京跟踪与通信技术研究所五室工程师。研究方向为雷达总体技术。

雷达散射截面 (RCS) 分析培训课程

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立, 致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养, 是国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地。客户遍布中兴通讯、研通高频、国人通信等多家国内知名公司, 以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

雷达散射截面 (Radar Cross Section, 简称 RCS) 是雷达隐身技术中最关键的概念, 也是电磁理论研究的重要课题, 使用 HFSS 软件可以很方便的分析计算各种目标物体的 RCS。

由易迪拓培训推出的《HFSS 雷达散射截面分析培训课程套装》是从零讲起, 系统地向您讲授如何使用 HFSS 软件进行雷达散射截面分析的全过程。该套视频课程由专家讲授, 边操作边讲解, 直观易学。

HFSS 雷达散射截面分析培训课程套装



套装包含两门视频培训课程, 其中: 《两周学会 HFSS》培训课程是作为 HFSS 的入门培训课程, 帮助您在最短的时间内迅速熟悉、掌握 HFSS 的实际操作和工程应用; 《HFSS 雷达散射截面(RCS)分析》培训课程是专门讲授如何使用 HFSS 来分析计算雷达散射截面, 包括雷达散射截面、单站 RCS、双站 RCS 等的定义, 实例讲解使用 HFSS 分析单站 RCS、双站 RCS 和宽频 RCS 的相关设置和实际操作等。视频课程, 专家讲授, 从零讲起, 直观易学...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/130.html>

● 更多培训课程:

● HFSS 培训课程

网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/>

● CST 培训课程

网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/>

● 天线设计培训课程

网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/>