基于无线电摄像机的目标成像自动识别

刘晓峰* 杨万麟
(电子科技大学信息工程系,电子工程系 成都 610054)

【摘要】 无线电摄像机是一种新型成像雷达,利用它可以获得目标的二维(距离-方位)微波图像[1]。通过目标二维(距离-方位)像与目标一维距离像的分析对比,指出了目标二维像应用于目标识别领域的优势。针对三种目标分别模拟了其相应的二维像与一维像,仿真识别结果验证了分析的正确性。

关 键 词 目标自动识别; 一维距离像; 二维微波图像; 无线电摄像机
中图分类号 TN959.17

目前雷达目标识别的研究方法主要是极点法、极化法、时频域波形法和基于一维距离像的目标识别法[2~4],这几种方法所提取的可资目标识别的特征量均敏感于目标相对雷达的方位角,限制了其运用范围。

无线电摄像机是一种新型成像雷达,利用它可以获得目标的二维(距离-方位)微波图像[1~4],它为我们解决方位角变化下的目标自动识别提供了一个新的途径。

1 目标微波图像数学模型

考虑到无线电摄像机的距离和方位分辨力都比较高,目标可以描述为多个点目标组成的延伸目标。在近似条件下,目标的二维(距离-方位)微波图像可用下式表示

$$\hat{S}(r,u)=\sum_{l=1}^{L}\sum_{m=1}^{M}S_{lm}W(r-l\Delta r,_-m\Delta_) \tag{1}$$

式中 Δr、$\Delta_$ 为无线电摄像机距离、方位分辨力;S_{lm}是目标相应散射中心的散射强度。

当雷达系统的距离分辨力较高而方位分辨单元尺寸大于目标横向物理尺寸时,即系统无法区分同一距离单元内不同散射点时,可以得到目标的一维距离像,用下式近似表示为

$$X^{h}(r)=\sum_{l=1}^{L}a^{h}(l)W(r-l\Delta r) \tag{2}$$

式中 Δr为雷达距离分辨力;h为目标相对于雷达的方位角;$a^{h}(l)$为目标相应散射中心的散射强度。

由式(1)和式(2)可知,当雷达系统的方位分辨单元尺寸远大于目标横向物理尺寸时,目标的一维距离像可以看成是目标二维像沿雷达径向距离轴的投影,它是敏感于目标相对雷达方位角的。

2 目标微波图像的特征提取与分类识别

当目标相对无线电摄像机的方位角发生变化时,目标的二维(距离-方位)微波图像可近似看成它在距离-方位面内发生了旋转,通过对其图像矩特征计算,就可以提取其稳定特征值,从而对

1996年 8月 24日收稿
* 男 26岁 硕士

方位角发生变化的目标作出正确识别。

设 $I(X,Y)$是目标散射强度分布,则目标微波图像的 $(p+q)$阶矩定义为

$$M_{pq}=\sum_{X=1}^{M}\sum_{Y=1}^{N}X^{p}Y^{q}I(X,Y)\qquad p,q=0,1,2,\cdots \tag{3}$$

其中心矩定义为

$$\mu_{pq}=\sum_{X=1}^{M}\sum_{Y=1}^{N}I(X,Y)(X-\bar{X})^{p}(Y-\bar{Y})^{q} \tag{4}$$

式中 $\bar{X},\bar{Y}$称为目标的质心,其定义为

$$\bar{X}=M_{10}/M_{00}\qquad \bar{Y}=M_{01}/M_{00} \tag{5}$$

将中心矩归一化,即

$$Z_{pq}=\mu_{pq}/\mu_{00}^{r}\qquad r=(p+q+2)/2 \tag{6}$$

利用归一化的二阶和三阶中心矩,可以导出 7个不变矩组

$$h_1=Z_{20}+Z_{02} \tag{7}$$

$$h_2=(Z_{20}-Z_{02})^2+4Z_{11}^2 \tag{18}$$

$$h_3=(Z_{30}-3Z_{12})^2+(3Z_{21}+Z_{03})^2 \tag{9}$$

$$h_4=(Z_{30}+Z_{12})^2+(Z_{21}+Z_{03})^2 \tag{10}$$

$$\begin{aligned}h_5=&(Z_{30}-3Z_{12})(Z_{30}+Z_{12})[(Z_{30}+Z_{12})^2-3(Z_{21}+Z_{03})^2]+\\&(3Z_{21}-Z_{03})(Z_{21}+Z_{03})[3(Z_{30}+Z_{12})^2-(Z_{21}+Z_{03})^2]\end{aligned} \tag{11}$$

$$h_6=(Z_{20}-Z_{02})[(Z_{30}+Z_{12})^2-(Z_{21}+Z_{03})^2]+4Z_{11}(Z_{30}+Z_{12})(Z_{21}+Z_{03}) \tag{12}$$

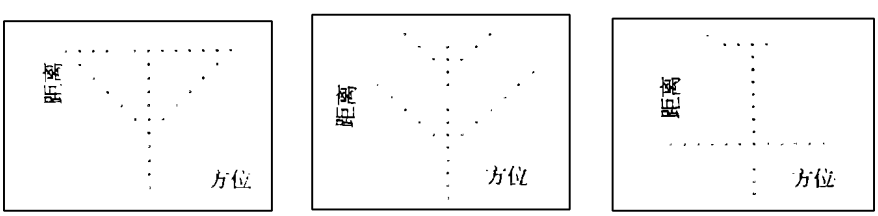
$$\begin{aligned}h_7=&(3Z_{12}-Z_{30})(Z_{30}+Z_{12})^2[(Z_{30}+Z_{12})^2-3(Z_{21}+Z_{03})^2]+\\&(3Z_{21}-Z_{03})(Z_{21}+Z_{03})[3(Z_{03}+Z_{21})^2-(Z_{12}+Z_{03})^2]\end{aligned} \tag{13}$$

利用目标微波图像这 7个不变矩特征值,即可实现对目标的正确识别。

在本文的仿真实验中采取了近邻分类法来判决,近邻分类法准则为:设 $Y^Z=\{Y_1,Y_2,\cdots,Y_Z\}$是一组样本(共 n个),每个都标注了类别,其中同 Y最接近的一个记为 $Y'_Z[\in Y^Z]$,则将 Y归于同 Y'_Z一样的类别,即以与未知样本 Y最邻近的点类别 Y'_n作为 Y分类。

3 计算机仿真与结果

图 1为三种不同结构目标的孤立散射点模型,仿真产生其不同方位角下的一维距离像和二维(距离 – 方位)像,在此基础上使用相应算法对目标进行分类识别。



(a)　目标 1　　(b)　目标 2　　(c)　目标 3

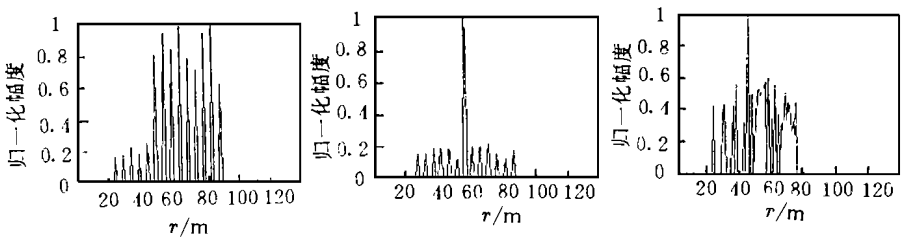
图 1　三种不同结构目标的散射点模型

模拟中无线电摄像机中心频率 9.6 GHz(X波段),波长 3 cm,信号带宽 150 MHz,天线孔径长度为 1 000个波长(约 30 m),阵元间隔小于二分之一波长,对 1 000 m左右目标的方位分辨力为 W

$= \lambda(R/D) = 1$ m,距离分辨力为 $W = c/2\Delta f_s = 1$ m

模拟中高距离分辨力雷达发射机中心频率 9.6 GHz(X波段),波长 3 cm,信号带宽 150 MHz,天线孔径长度为 17个波长(约 0.5 m),对 1 000 m左右目标横向分辨力为 $W = 60$ m,距离分辨力 $W = 1$ m

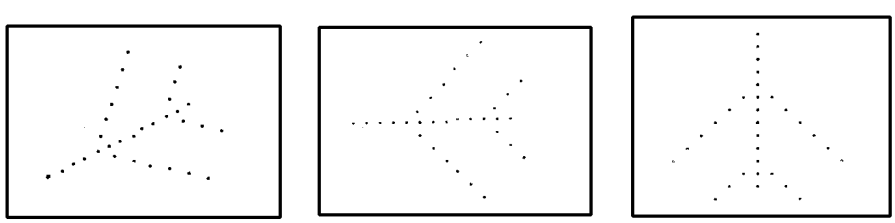
图 2为仿真产生的利用高距离分辨力雷达获得的目标 2在不同方位角的一维距离像,其横轴为距离,纵轴为目标散射归一化强度,参数 θ 为目标相对高距离分辨力雷达的方位角。



(a) $\theta = 0°$ (b) $\theta = 90°$ (c) $\theta = 120°$

图 2 目标 2在不同方位角的一维距离像

图 3为仿真产生的利用无线电摄像机获得的目标 2在不同方位角的二维(距离-方位)像,其横轴为方位,纵轴为距离,θ 为目标相对无线电摄像机的方位角。



(a) $\theta = 0°$ (b) $\theta = 90°$ (c) $\theta = 120°$

图 3 目标 2在不同方位角的二维像

针对仿真产生的目标一维距离像和二维(距离-方位)像,利用识别算法对其进行实验。表 1是方位角变化较小时的实验结果,实验中基于高距离分辨力雷达的目标识别特征提取采用梅林变化,判决方法为近邻法;基于无线电摄像机目标识别的特征提取采用矩特征法,判决方法为近邻法。由实验结果可知,当目标方位角变化较小时,一维距离像发生的变化能近似用尺度变化来说明[5],这种情况下利用一维距离像进行识别效果较好。

表 1 方位角变化较小时的识别率

训练样本方位角范围	训练样本数	目标方位角变化范围	测试样本数	目标类型	基于高距离分辨力雷达目标识别正确识别率	基于无线电摄像机目标识别正确识别率
0°~15°	3	0°~15°	15	目标 1	100%	100%
0°~15°	3	0°~15°	15	目标 2	100%	100%
0°~15°	3	0°~15°	15	目标 3	80%	100%
平均识别率					93.3%	100%

当方位角变化较大时,由实验结果可知,由于一维距离像产生剧烈起伏且不能简单地用尺度变化来描述,因而基于高距离分辨力雷达目标识别的正确识别率较低,而此时二维(距离-方位)像的

变化可以近似看成是它在距离 – 方位面发生了旋转,通过提取矩特征,基于无线电摄像机的目标识别正确识别率仍然较高,这是前者所不可比拟的。

表 2　方位角变化较大时的识别率

训练样本方位角范围	训练样本数	目标方位角变化范围	测试样本数	目标类型	基于高距离分辨力雷达目标识别正确识别率	基于无线电摄像机目标识别正确识别率
0°~ 180°	11	0°~ 180°	180	目标 1	47. 2%	96. 7%
0°~ 180°	11	0°~ 180°	180	目标 2	32. 8%	97. 2%
0°~ 180°	11	0°~ 180°	180	目标 3	46. 7%	92. 2%
	平均识别率				42. 2%	95. 4%

4 结　论

通过以上分析与仿真实验清楚地表明了无线电摄像机应用于目标自动识别的优越性,其二维成像能力使我们有可能解决目标在方位角变化时的特征提取这一难题,而高距离分辨力雷达由于方位分辨力较差,因而敏感于目标相对雷达的方位角,要达到较高的识别率只能采用全方位训练,因而限制了它的实际应用。

参 考 文 献

1 Steinberg B D. Microwave imaging of aircraft. Proceedings of IEEE, Dec. 1988, 70(12): 1 578~ 1 593

2 肖顺平,郭桂蓉,庄钊文等.基于散射中心的目标识别,系统工程与电子技术,1994,(10): 13~ 18

3 郭桂蓉,郁文贤,胡步法.一种有效的舰船目标识别新方法.系统工程与电子技术,1990,(6): 1~ 7

4 Philp E Zwicke, Imre Kiss Jr. A new implementation of the mellin transform and its application to Radar classification of ships. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1983, PAM-5(2): 203~ 212

Automatic Target Recognition Based on Radio Camera

Liu Xiaofeng　　Yang Wanlin

(Dept. of Information Engineering, Dept. of Electrical Engineering, UEST of China　Chengdu　610054)

Abstract　Two dimension(range and azimuth) radar image can be obtained by a new kind of image radar system called radio camera. After the comparlsion between one dimension rage profile and two dimension (range and azinuth) radar image, the advangtage of the two dimension radar image in the field of the automatic target recognition is pointed out in this paper. The analysis is confirmed by computer simulation results.

Key words　automatic target recognition;　one dimension range profile;　two dimension radar image;　radio camera

编辑　徐安玉