

高分辨率雷达目标一维距离像的编码识别算法

张文峰* 何松华 郭桂蓉

(国防科技大学 ATR 实验室 长沙 410073)

摘要 文中提出了一种高分辨率雷达目标一维距离像的识别算法。该算法借用图像处理方法,先对雷达目标的一维距离像进行编码,经过傅里叶变换提取一组形状特征。这组特征精确地描述了一维距离像曲线的走向。而后,利用人工神经网络技术对一定姿态角变化范围内的这组形状特征进行识别。实验结果表明,可以获得良好的识别效果。该算法为雷达目标一维距离像识别算法的实时处理提供了一条有效途径。

关键词 雷达目标一维距离像,图像处理算法,神经网络技术,目标识别

分类号 TN953

A New Method of Recognizing One-dimensional Range Profiles of Radar Targets

Zhang Wenfeng He Songhua Guo Guirong

(ATR Lab, NUDT, Changsha, 410073)

Abstract In this paper, a new method of recognizing one-dimensional range profiles of high resolution radar targets is proposed. The algorithms of image processing are used in this method. First, we code one-dimensional range profiles, then, use Fourier transformation to extract a series of formal features which can be recognized by neural networks. The experimental results show that, in some aspect angle interval, the recognition is good.

Key words one-dimensional range profiles of radar targets, image processing algorithms, neural networks, targets recognition

对于高分辨率雷达的目标识别而言,雷达目标的一维距离像(one-dimensional range profile)有着其非常重要的意义。这是因为一维距离像不仅提供了目标的强散射中心数

* 国防预研基金资助项目
1996年4月1日收稿

目、分布以及径向长度等特征，并且特性获取也较为容易。一维距离像采用的识别算法有利于实时处理^[4]。

由于一维距离像对目标姿态角的变化比较敏感，因此在未知姿态角对目标进行识别时有很大难度。文献[1,5]提出了一种基于规则的序贯推理算法，旨在解决姿态角未知情况下目标距离像的识别问题，或目标识别分类算法对目标姿态角变化的自适应问题。该算法的主要优点在于能控制误判概率，充分利用特征空间的各种分类信息，并且训练过程简单可行，但其应用依然存在着局限性。这是因为，对于复杂的多类别的模式识别，当特征数目很多时，所建立的规则库将会十分庞大，规则库表示所占用的内存空间较大；另外，规则库的搜索也需要一定的时间。

为此，本文提出了一种雷达目标一维距离像编码识别的算法。该算法借用图像处理技术中描述图像边缘的方法，先对雷达目标的一维距离像进行编码，经过傅里叶变换提取一组形状特征。这组特征精确地描述了一维距离像的曲线走向，有效地实施了对一维距离像数据的压缩和特征的抽取；而后，利用人工神经网络技术对一定姿态角变化范围内的这组形状特征进行识别。

1 基本特征描述

本节介绍如何利用图像处理的方法对高距离分辨率雷达目标的一维距离像进行描述。

1.1 求链码

在数字图像中，区域的边界轮廓线往往用边界的方向链码来表示。此链是沿边界曲线的反时针方向而构成的。对于如图 1 所示的某一雷达目标的一维距离像，我们如果将其看作是某一区域的边界轮廓线，就可以采用 Freeman 提出的链码来描述。如图 2(a)所示的链码，在各单位方向上给定 0~7 的数值，代表各段折线的方向。图 2(b)的弧线能用图 2(c)所示的链码表示。

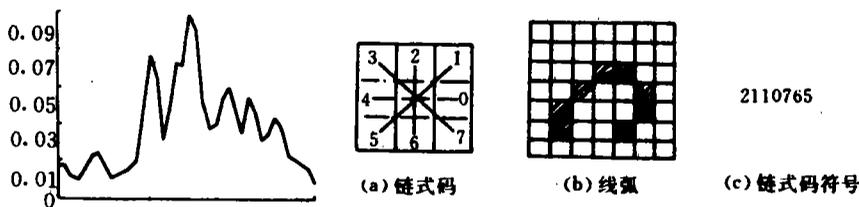


图 1 某一雷达目标的一维距离像

图 2 线弧链码的描述方法

在求得一维距离像的链码之前，有必要先对一维距离像进行归一化和量化，量化单位必须适当选择，使其能够反映出曲线的起伏变化。

图 3 中所示是由图 1 中一维距离像的链码还原得到。将图 3 与图 1 比较，我们可以看出由链码还原所得到的一维距离像与原距离像基本一致，而且距离像的各个峰值也能较好地反映出来。

1.2 傅里叶变换

利用文献[2]中所介绍的方法,我们可以建立链码与傅里叶系数的对应关系:

$$p_n \approx \frac{1}{2\pi n j} \sum_{m=1}^M a_m \exp \left[j \left(\frac{\pi}{4} c_m - 2n\pi \sum_{k=1}^M a_k / \sum_{k=1}^M a_k \right) \right] \quad (1)$$

$$n = \pm 1, \pm 2, \dots$$

这时傅里叶系数 p_0 和 p_n 仅与边界链码 a_k 有关,而 a_k 也完全由 c_k 所确定

$$a_k = \begin{cases} 1 & \text{if } c_k \text{ is even} \\ \sqrt{2} & \text{if } c_k \text{ is odd} \end{cases} \quad k = 1, 2, \dots, M \quad (2)$$

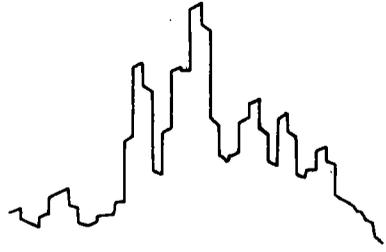


图3 由链码还原得到的一维距离像

因此,我们可以通过边界链码来计算傅里叶系数。

1.3 通过傅里叶系数提取形状特征

通过傅里叶系数可以提取以下几个形状特征:

① 圆弧度

$$F_1 = \frac{|p_1|}{\sum_{n=1}^{\infty} (|p_n| + |p_{-n}|)} \quad (3)$$

当曲线为一个圆时,相应的圆弧度特征 $F_1=1$;当曲线为其它形状时有 $0 < F_1 < 1$ 。

② 细长度

$$F_2 = 1 - \frac{|p_1| - |p_{-1}|}{|p_1| + |p_{-1}|} \quad (4)$$

当曲线为圆形时,相应的细长度特征 $F_2 \approx 0$;当曲线为其它形状时有 $0 < F_2 < 1$ 。

③ 散射度(或称密集度)

$$F_3 = \frac{S^2}{4\pi^2 \left[\sum_{n=1}^{\infty} n (|p_n|^2 - |p_{-n}|^2) \right]} \quad (5)$$

式中 S 是轮廓曲线的周长,它可由下式计算得到: $S \approx \sum_{k=1}^M a_k$

散射度表征的是曲线的光滑程度,曲线越光滑,散射度越小。

④ 凹度

$$F_4 = \sum_{n=1}^{\infty} n^3 (|p_n|^2 - |p_{-n}|^2) / (|p_1|^2 - |p_{-1}|^2) \quad (6)$$

凹度表征的是曲线的凹凸性,当曲线为圆形时, $F_4 \approx 1$;当曲线有较多凹处时, $F_4 <$

1。

可以证明,以上4个形状特征在平移、旋转、尺度和起始点等条件下具有不变性。

下表给出了4类目标在某一姿态角时的5个特征的数值(其中周长的数值因计算的需要都缩小了100倍):

	周长	圆形度	细长度	密集度	凹度
坦克	0.435732	0.334074	0.089352	0.019353	0.003474
装甲车	0.236732	0.242892	0.080156	0.019156	-0.001711
卡车	0.426904	0.370933	0.088114	0.011946	0.000855
吉普车	0.596490	0.317468	0.089560	0.014251	0.001205

2 识别算法

通过在第1节中介绍的某一雷达目标一维距离像的5个形状特征（圆形度、细长度、散射度、凹度和周长等）可以得到其较为精确的描述。

我们构造了一个多层前馈神经网络，如图4所示。

该网络的结构为：5-10-20-10-4，即网络的输入为5个形状特征，输出为4类目标，三个隐层的神经元数目分别为10、20、10。

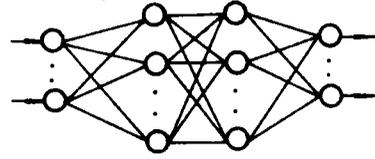


图4 网络的结构

文献[3]中介绍了多层前馈神经网络的一种快速学习算法，它能够有效地避免陷入局部极小点和从“假饱和”状态中逃离出来，因此，网络的训练速度是非常快的。

3 实验结果

本文的数据是几类的地面目标（坦克、装甲车、卡车、吉普车等）的回波数据，它们的具体参数如下：

中心频率： $f_0=34.75\text{GHz}$ ；跳频间隔： $\Delta f=1\text{MHz}$ ；带宽： $B=0.903\text{GHz}$ ；角度范围： $0^\circ\sim 180^\circ$ ；信杂比：20dB。

目标的一维距离像均类似于图1所示。

以这4类目标的数据为训练样本，网络训练经过大约10h的训练，均方误差为0.1133，平均识别率为90.1%，拒判率为7.9%。

4类目标的识别率如下：

	坦克	装甲	卡车	吉普车	拒判
样本	59	14	14	14	/
坦克	54	0	0	0	5
装甲	1	12	0	0	1
卡车	0	0	14	0	0
吉普车	1	0	0	11	2
识别率	91.5%	85.7%	100%	78.6%	/

(下转第87页)

参考文献

- 1 白中英, 韩兆轩. 计算机组成原理教程. 北京: 科学出版社, 1988
- 2 黄铠. 计算机算术运算——原理、结构与设计. 北京: 科学出版社, 1980
- 3 IEEE. IEEE Standard 754--1985 for binary floating-point arithmetic, IEEE, 1987
- 4 David Goldberg. What every computer scientist should know about floating-point arithmetic, ACM computing surveys, 1991(3)

(责任编辑 张 静)

(上接第 65 页)

4 结 语

本文把雷达目标的一维距离像当作一幅弧线图像来进行处理,通过弧线的链码和与之有关的傅里叶系数提取了 5 个的形状特征;然后,利用神经网络技术对其进行识别。实验结果表明,在一定的角度变化范围内,对目标属性的判别效果良好。

对于全姿态角变化范围内的目标识别,可以先将全角度区域化,然后在各个角度范围内利用本文所介绍的方法进行操作,即可获得全姿态角变化范围内的识别结果。对此将另文介绍。该算法为雷达目标一维距离像识别算法的实时处理提供了一条有效途径。

参考文献

- 1 何松华. 国防科技大学博士学位论文,1993
- 2 边肇祺. 模式识别. 北京:清华大学出版社,1988
- 3 张文峰,何明一,林崇平. 多层前馈神经网络的一种快速学习算法. 西安中国神经网络学术大会, 1993,11
- 4 He S H, Zhuang Z W, Guo G R. A fast millimeter wave imaging algorithm with application to active guidance. SPIE. 1994, 2212: 318~323
- 5 Guo G R, He S H, Zhuang Z W. millimeter-wave radar target identification by using high resolution range profiles. SPIE. 1944, 2212: 324~332

(责任编辑 潘 生)