

文章编号:1671—6833(2004) 04—0056—04

利用BP 神经网络实现三维飞机目标识别

樊亚军, 曲仕茹

(西北工业大学机电工程及自动化学院,陕西 西安 710072)

摘 要:提出了一种新的飞机识别系统,采用矩的不变量的方法描述飞机的特征;采用 Levenberg—Marquardt 算法及弹性算法对标准的BP 网络算法进行改进,从而使此系统具有识别过程迅速、稳定的特点.分别对民航机和战斗机的 360 张 100×100 不同姿态的图片进行系统识别,结果表明,该系统识别准确率在 99% 以上,并且识别速度较快.

关键词:神经网络; 模式识别; BP 算法; 矩不变量

中图分类号: TP 271 **文献标识码:** A

0 引言

目前,三维目标识别主要是通过对任意角度观察的二维数字图像处理而实现.Hu 最早提出了矩的概念^[1],并推出了矩的一系列基本性质,进一步证明了有关矩的平移不变性、比例不变性和旋转不变性.Zen Chen 采用付氏描述子^[2]作特征,但每架飞机所要建的模型库较大,因此识别效率不高,难以满足要求.在本系统中,采用 Hu 提出的矩特征提取方法对大量二维飞机数字图像进行处理,然后采用改进后的BP 算法构造网络模型,以实现对目标的识别过程.

1 特征提取

经过数据处理,获得一个二值化数字图像,它反映了目标的结构与形状.对该图像提取矩不变量.平面几何体的二维矩不变量理论最早由 M.K.Hu 于 1962 年提出,Hu 证明了这一组变量对于图像的平移、旋转和大小比例变化均保持不变,这对于进行三维目标识别无疑是很有效的.

设一个二值图像,区域为 R,假定它分段连续且有界,其密度分布函数为 f(x,y),矩集定义为

$$M_{jk} = \iint x^j y^k f(x,y) dx dy,$$

式中 j,k 取所有非负整数,j+k 称为矩的阶,零阶矩只有一个:

$$M_{00} = \iint f(x,y) dx dy,$$

中心矩:

$$j_k = \iint (x - \bar{x})^j (y - \bar{y})^k f(x,y) dx dy,$$

式中: $\bar{x} = M_{10}/M_{00}, \bar{y} = M_{01}/M_{00}$.

对于分辨率为 M,N 的数字图像,假设 f(x,y) 在物体内取 1,而在其他位置取 0,则

$$M_{jk} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} x^j y^k;$$

$$j_k = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (x - \bar{x})^j (y - \bar{y})^k;$$

式中: $\bar{x} = M_{10}/M_{00}, \bar{y} = M_{01}/M_{00}$.

上述中心矩计算函数反映了物体的形状而忽略了其内部的灰度级细节.每个特定的形状具有一个特定的轮廓和特定的一个特定矩集,而在矩的阶数小于三阶时,此中心矩数值在物体放大、平移、旋转时保持不变,具体推导如下:

$$M_1 = \mu_{20} + \mu_{02}; M_2 = (\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2;$$

$$M_3 = (\mu_{30} - 3\mu_{12})^2 + (3\mu_{21} - \mu_{03})^2;$$

$$M_4 = (\mu_{30} + \mu_{12})^2 + (\mu_{21} + \mu_{03})^2;$$

$$M_5 = (\mu_{30} - 3\mu_{12})(\mu_{30} + \mu_{12})[(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - 3(\mu_{21} + \mu_{03})^2] + (\mu_{03} - 3\mu_{21})(\mu_{03} + \mu_{21})[(\mu_{03} + \mu_{21})^2 - 3(\mu_{12} + \mu_{30})^2];$$

$$M_6 = (\mu_{20} - \mu_{02})[(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2] + 4\mu_{11}(\mu_{30} + \mu_{12})(\mu_{03} + \mu_{21});$$

$$M_7 = (3\mu_{21} - \mu_{03})(\mu_{30} + \mu_{12})[(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - 3(\mu_{21} + \mu_{03})^2] - (3\mu_{12} - \mu_{30})(\mu_{03} + \mu_{21})[(\mu_{03} + \mu_{21})^2 - 3(\mu_{12} + \mu_{30})^2].$$

其中,变量 1~6 是矩不变量,它对平移、旋转、比例变换均保持不变,而第 7 个变量是变化的,M5、

收稿日期:2004—06—10;修订日期:2004—07—20

作者简介:樊亚军(1979—),男,陕西省韩城市人,西北工业大学硕士研究生.

M_6 计算量大且对识别贡献量较小,所以本系统采用前4个数值作为待测目标的特征.

2 分类决策

神经网络的研究最初是受生物神经系统启发的,后来应用于更广泛的领域.在运用于模式识别的若干网络模型中,BP模型应用最广泛,主要是因为BP模型将信息分布式存储于连接权系数中,使网络具有很高的容错性和鲁棒性,有效地解决了模式识别中普遍存在的噪声干扰和输入模式的部分损失问题.BP网络模型如图1所示.

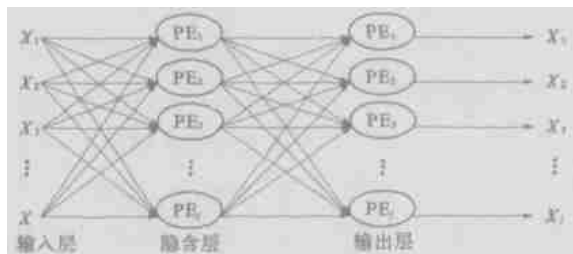


图1 BP网络模型

Fig.1 BP Neural net works

2.1 BP网络模型的建立

2.1.1 输入与输出层节点数确定^[3]

在模式识别应用中,神经网络的输入是未知对象的特征向量,所以输入层节点数由未知对象特征向量决定,在此系统中为4,而输出层节点个数一般由样品所需分的类型数决定,而在此系统中输出层节点数取1,两种类型的飞机分别用0,1表示.

2.1.2 隐层节点数目的确定

隐单元数目的选择是一个相对较复杂的问题,它与输入输出单元的多少有直接的关系,太多或太少都可能影响网络的性能.此系统采用如下经验公式:

$$N_h = (N_i + \max(N_o, N_c)) / 2,$$

式中: N_h 为隐层节点数; N_i 为输入层节点数; N_o 为输出层节点数; N_c 目标分类数.

2.1.3 传递函数

此系统采用logsig型函数: $g(x) = 1/(1 + \exp(-x))$.

2.2 网络训练

2.2.1 权值选定

训练开始时网络所有的连接权值设为 $[-0.5, +0.5]$ 区间的随机值,而所有输入向量经过适当比例调整后使得各分量的最小于最大值分别在 $[0.1, 0.9]$ 之间.

2.2.2 标准BP算法

标准BP算法是基于梯度下降法,学习过程是

通过调整权值和阈值使期望值和神经网络输出值的均方误差趋于最小实现的,它只用到均方误差函数对权值和阈值的一阶导数信息.标准梯度下降法权值和阈值修正的迭代过程表示为

$$W^{(k+1)} = W^{(k)} - \alpha \nabla f(W^{(k)}).$$

其中, $W(k)$ 为网络所有权值和阈值组成的向量; α 为学习率; $f(W^{(k)})$ 为误差函数, $\nabla f(W^{(k)})$ 表示误差函数的梯度.

2.2.3 本系统所采用方法

(1) 弹性方法:BP网络通常采用Sigmoid隐含层.当输入的函数很大时,斜率接近于零,这将导致算法中的梯度幅值很小,可能使对网络权值的修正过程几乎停顿下来.弹性方法只取偏导数的符号,而不考虑偏导数的幅值.其权值修正的迭代过程表示如下:

$$W^{(k+1)} = W^{(k)} - \text{delta } W^{(k)} \text{sign}(\nabla f W^{(k)}).$$

在弹性BP算法中,当训练发生震荡时,权值的变化量将减小;当在几次迭代过程中权值均朝一个方向变化时,权值的变化量将增大.因此,弹性算法的收敛速度较快,而且算法并不复杂,也不需要消耗很多内存.

(2) Levenberg-Marquardt算法:由于梯度下降法在最初几步下降较快,但随着接近最优值,由于梯度趋于零,致使误差函数下降缓慢;而牛顿法则可在最优值附近产生一个理想的搜索方向. Levenberg-Marquardt算法其实就是梯度下降法和牛顿算法的结合,优点在于网络权值数目比较少时收敛比较迅速.

3 飞机模型库建立

为了模拟飞机相对于摄像机在不同方位的状态图,将三维飞机模型输入计算机,进一步将其进行空间旋转、平移、比例变化后产生飞机的各种姿态图,得到飞机的训练样本库.本系统采用模型为民航和战斗机两种机型(见图2、图3).



图2 部分民航飞机姿态图

Fig.2 Some pictures of civil plane

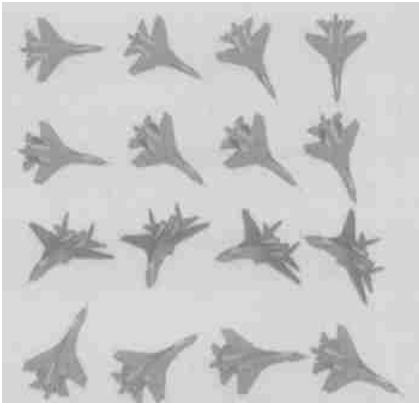


图 3 部分战斗机姿态图

Fig .3 Some pictures of fighter plane

4 识别结果与数据分析

本系统所采用的BP 网络模型如图 4 所示.图中 w 表示权重, b 表示偏差.

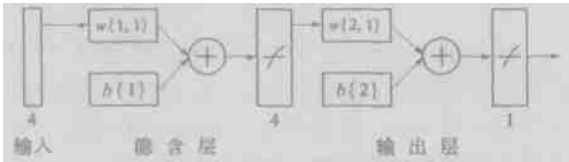


图 4 本系统所采用的BP 网络模型

Fig .4 BP network model used in the system

对飞机模型库的图像计算矩特征,输入BP 神经网络(见图 4)进行训练.本库每架飞机有 360 张 100×100 的不同姿态图片,训练达到稳定后,在模型库中随机抽取 100 幅图片,利用此系统进行识别,结果识别率达到 99%,本试验所有数据均在 Matlab 6.0 运行实现.

在试验过程中,因为矩值比较大,所以利用取对数的方法进行了数据压缩,同时考虑到矩值可能为负,所以实际采用的矩值为

$$M_k=\log |M_k|,$$

式中 $k=1,2,3,4$.经修正后的矩值见表 1,仍具有平移、旋转、比例不变性^[4].分别采用 Levenberg-Marquardt 算法和弹性算法,结果见表 2 及表 3.

由试验可见,Levenberg-Marquardt 算法误差率为 0.000 425 855 906 25%,弹性算法误差率为 43.472 5%,很明显 Levenberg-Marquardt 算法比弹性算法准确率要高,应是以以后工作中首选的算法.

表 1 部分修正后的矩值

Tab .1 Some of revised moment value

矩值	1	2	3	4	5	6	7	8
$\text{Log } M_1 $	9.086 8	9.231 1	9.306 4	7.967 3	8.567 6	8.696 5	8.808 9	9.310 3
$\text{Log } M_2 $	7.978 3	9.254 2	8.976 8	8.431 2	8.226 8	8.931 7	9.185 5	9.303 9
$\text{Log } M_3 $	8.558 8	9.199 0	8.932 3	8.700 1	9.063 4	8.948 8	8.912 8	7.000 6
$\text{Log } M_4 $	9.212 5	9.133 9	9.325 3	8.725 1	9.254 0	8.862 1	8.654 4	8.699 4

表 2 Levenberg-Marquardt 算法部分测试结果

Tab .2 Some test result of Levenberg-Marquardt method

项目	1	2	3	4	5	6	7	8
输出	-8.113 2e-7	-2.383 9e-7	-1.390 2e-6	-3.396 8e-7	0.999 96	0.999 97	0.999 96	1
误差	8.113 2e-7	2.383 9e-7	1.390 2e-6	3.396 8e-7	4.485 4e-5	3.073 6e-5	3.918 5e-5	4.601 3e-6
目标	0	0	0	0	1	1	1	1

表 3 弹性算法部分测试结果

Tab .3 Some test result of elasticity method

项目	1	2	3	4	5	6	7	8
输出	0.024 792	0.052 31	-0.019 808	0.846 79	0.736 66	0.808 92	0.829 15	0.830 07
误差	-0.024 792	-0.052 31	0.019 808	-0.846 79	0.263 34	0.191 08	0.170 85	0.169 93
目标	0	0	0	0	1	1	1	1

5 结束语

本着实用、经济和高效的原则,文章提出了一种方便、快捷的飞机识别系统.本系统采用 Levenberg-Marquardt 算法及弹性算法对标准的 BP 网络算法进行改进,使识别过程更稳定可靠,识别结

果更准确.

参考文献:

[1] HU M K .Visual pattern recognition by moment invariant [J] .IRE Trans Information Theory ,1962,8,179~187.
[2] PERSON E ,FU K S .Shape discrimination using Fourier

descriptors[J]. IEEE Trans Syst Man Cybern, 1977, 7: 388~397.

[3] 朱志刚. 数字图像处理 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.

[4] 李朝峰. BP 网络改进模型的性能对比研究[J]. 计算机工程与应用, 2003, 19(2) , 120~121.

The Design of Three-dimensional Aircraft Target Recognition
System Using BP Neural Networks

FAN Ya-jun, QU Shi-tu

(College of Mechanical & Electrical Engineering & Automation, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract : The paper develops a new aircraft recognition system. To describe the character of aircraft simply and efficiently, moment invariants are used. At the same time, several methods are employed to improve BP algorithm, making the recognition process faster and more stable. Experiments of two different aircrafts have proved that this recognition system performs well.

Key words : neural network; pattern recognition; BP algorithm; moment invariant

2005 年度河南省杰出人才创新基金评选揭晓

由河南省科技厅、财政厅、省委组织部和省人事厅联合组织召开的 2005 年度河南省杰出人才创新基金项目评审会, 经过小组初评、候选人答辩、评委无记名投票等严格评审程序, 全省共评出 26 名基金获得者. 其中我校郑玉玲教授、赵清香教授、刘宏民教授、陈铁军教授、刘金盾教授榜上有名. 另外我校化学系李中军教授与焦作市佰利联化学股份有限公司合作也获得基金资助.