

1776 | 15821A | 013 | 014

具有旋转不变性的二值化的互连权重研究*

申金媛 张延新 李豫华 母国光
(南开大学现代光学研究所, 天津, 300071)

TP18

A

摘要 采用线性组合 Clipped 方法得到初始的具有旋转不变性的 WTA 模型输入层与中间层间的二值互连权重, 并利用局部 Monte Carlo 方法对权值进行优化以提高系统的正确识别率. 以 4 类飞行目标进行了计算机模拟, 实验结果表明此模型用于识别旋转目标是可行的. 还提出一个实现此模型的光电混合系统.

关键词 WTA 神经网络模型, 互连权重, 二值化.

241-320

引言

①

近年来, 多目标旋转不变模式识别一直是众多学者的兴趣所在, 提出了不少方法实现目标的旋转不变, 如综合鉴别函数(SDF)^[1]、锁控滤波器(LAT)^[2]、串码滤波器(SCF)^[3]、光电神经网络^[4,5]等. 但它们的共同缺点是学习训练时间长, 权重灰度阶过大等. 尤其是权重值灰度阶过大为光学技术实现带来许多困难, 而简单的压缩权重灰度阶又势必影响到网络的互连精度与目标识别性能. 虽然文献[6]对网络的互连权重的灰度阶进行了有效的控制, 但互连权值仍是多灰度阶分布, 为光电实现带来许多的技术问题, 而且多灰度阶的互连权值也不利于权重的优化.

对于一种目标的一个旋转样本来讲, 和其它的目标样本相比较, 它总是和它本身及与它同属于一种目标的邻近状态有较大的相似度, 因此, 可以基于最大相似度利用 WTA 神经网络模型^[7]来实现多目标的旋转不变性分类识别. 为得到输入模式与不同目标的相似度, 本文采用组合优化方法求得模型输入层与中间层神经元之间的互连, 对 4 类飞行器的平面旋转目标进行了学习训练. 由计算机模拟结果可知, 少量的旋转样本经简单的线性叠加和 Clipped 得到的二值化(即±1, 0)互连权重具有不错的识别结果(正确识别率达 86.8%), 经过 Monte Carlo 方法对局部权值进行优化后, 系统可得到令人满意识别结果(正确识别率达 91.7%).

用 WTA 模型进行多目标的旋转不变性分类识别具有学习训练时间短, 互连权重二值化、硬件系统简单等优点, 只要用此互连代替原实时 WTA 神经网络模式识别系统^[7]中的互连即可实现具有平面旋转不变性的多目标分类识别. 由于本文的相似度是内积, 所以对非常相近的目标进行旋转不变分类识别可能不适用, 只有用其它方法求得相似度才可能用来进行目标旋转不变分类识别.

* 国家自然科学基金部分资助项目
本文 1995 年 7 月 19 日收到最后修改稿 1995 年 11 月 14 日收入

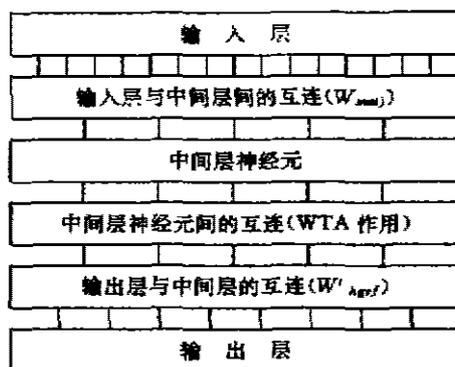


图1 模型的网络结构

Fig. 1 The structure of the model

1 组合优化法

模型的网络结构见图1,它与以往的WTA神经网络模型完全一样,其互连权重的规模为 M 个 $I \times J$ 的二维子矩阵, M 为目标类数, $I \times J$ 是一个样本中神经元的数目,中间层(WTA层)神经元的数目与识别目标的类数 M 相等,输入模式为双极形式,即 $X(i, j) \in (-1, +1)$,互连权重为三值形式(二值化),即 $T_{mij} \in (-1, 0, +1)$.对任一输入模式 $X(i, j)$ 与第 m 类目标的相似度为

$$\mu_m = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J X_{ij} T_{mij}, \quad (1)$$

其中 T_{mij} 为第 m 个互连子矩阵.将所有相似度值 μ_m 输入到中间层,经过WTA作用选取最大输入元素,再通过中间层神经元与输出神经元间的互连(E_{mij})作用,输出结果.这里我们选 E_{mij} 为第 m 类目标未旋转时的样本,即当 μ_m 为最大相似度时,输出第 m 类目标 0° 时的样本.为使互连权重二值化,令

$$T_{mij} = \begin{cases} -1, & T_{mij} < 0 \\ 0, & T_{mij} = 0 \quad (\text{或特别规定 } m=1, \dots, M) \\ +1, & T_{mij} > 0 \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中的特别规定为:所有 M 类目标的互连权重 T_{mij} 在 (i, j) 点都相等,即 $T_{1ij} = T_{2ij} = T_{3ij} = \dots = T_{Mij}$.

一个初始的二值化互连权重由式(2)就可求得.

2 初始二值化互连权重的优化

由式(2)所得到的互连权重可能需进一步优化以提高系统的正确识别率.所谓的正确识别率是:一定的样本数目中能够正确识别的数目所占的百分比.优化的依据是提高系统的正确识别率.据我们所采用的互连 E_{mij} ,若输入模式是第 m 类目标中的某一旋转样本时,正确的识别输出为第 m 类目标 0° 时的样本,否则为误判.在优化前将所有的训练样本 $M \times N$ 个

分别代入网络进行分类检验,并依据检验结果对权重进行优化.在本文采用局部 Monte Carlo 方法,其步骤为:(1) 将所有的训练样本 $M * N$ 个分别代入网络进行识别,寻找并记录误判样本以及误判样本总数 M' ,同时记录由于相似度相等出现的误判数 M'' .(2) 设第 m' 类目标的第 n' 样本 $\{X_{m'n'}^*(i, j)\}$ 被误判,依次寻找 $X_{m'n'}^*(i, j) = -T_{m'n'}$ 时的所有点 (i, j) ,这些点构成一个点集 $\{W\}$.如果开始某一类目标中出错样本较多,可在该类目标出错的多个样本中寻找共同的点构成点集 $\{W\}$,这样修改时可同时使多个出错样本的识别得到改善,加快优化速度.(3) 在点集 $\{W\}$ 中选某一点 (i', j') ,修改权重 $T_{m'n'}$,使得它等于 $-T_{m'n'}$,然后对于所有训练样本进行分类识别,若系统的误判数 M' 增大,则保持原来的权重值不变,换一个点重复此过程;若系统误判数 M' 减少,那么样本 $\{X_{m'n'}^*(i, j)\}$ 肯定被正确分类,则由修改值取代原来的互连值,然后进行步骤(4);若误判数 M' 不变而 M'' 减少,则由修改值代替原来的权重值,然后在点集 $\{W\}$ 中另选一点,修改相应权重值,重复过程(3),到 M' 减少为止.(4) 另选一个误判样本重复步骤(2)、(3),直到正确识别率提高到满意为止.

在优化时,我们没有对所有的权重值利用 Monte Carlo 方法进行优化,而是针对误判样本有目的地进行优化,大大加快了优化速度,减少了学习训练时间.

3 计算机模拟及实现系统

我们对 4 类飞行目标的选取进行计算机模拟,每种飞行目标取相邻两个投影图像之间的旋转角度为 10° ,共取 144 个投影图像作为检验样本.图 2 是 4 类飞行器两组样本.每类目标仅取其中 9 个面内旋转投影图像(即相邻两个投影图像之间的旋转角度为 40°)作为初值学习样本,4 类飞行目标只需取 36 个投影图像.其计算机模拟结果如下:(1) 未优化前,对 144 个检验样本,有 19 个样本出现错误判断目标类别,网络的正确识别率为 86.8%.(2) 做局部优化后,对 144 个检验样本,有 12 个样本出现误判,网络的正确识别率为 91.7%.

图 3 是一个实现此模型的具有旋转不变性的光电混合模式识别系统.其中平面 P_1 为输入平面,置一液晶电视显示输入模式,平面 P_2 紧接 P_1 ,置另一液晶电视输入互连权重,平面 P_3 紧接 P_2 放置一透镜阵列,和互连权重联合实现输入模式的加权求和,平面 P_4 为小透镜阵列的焦平面,一光电二极管阵列在此接收输入模式与各互连权重子矩阵的内积光强(即输入模



图 2 4 类飞行器的两组旋转样本
(a) 旋转 0° 时的样本, (b) 旋转 50° 时的样本
Fig. 2 Two sets of samples of four kinds of flyers

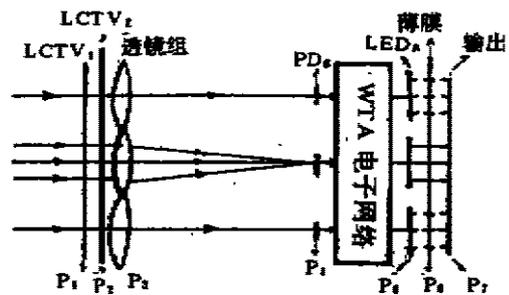


图 3 具有旋转不变性的实时硬件系统
Fig. 3 The real-time hardware system with the rotation invariance

式与各目标间的相似度),并将相似度光强转化为电信号输入到 WTA 电子网络(中间层),通过 WTA 网络的作用将输入最大的相似度选出,并通过中间层输出层神经元间的互连($E_{m,j}$)作用输出结果.

4 结语

本文提出利用组合优化法求得多目标分类识别的神经网络二值化互连权重,系统简单,学习训练时间很短,且所需学习样本较少,克服了由于灰度阶大而引起的网络光学实现的困难,从而为实现光学实时奠定了可靠的基础.

参考文献

- 1 Casasent D. *Appl. opt.*, 1984, 23(10), 1620~1627
- 2 Schils G F, Sweeney D W. *J. Opt. Soc. Am.*, 1988, A5(8), 1309~1321
- 3 Yin Shizhuo, Cheng Lu, Mu Guoguang. *Optik*, 1989, 82(4), 129~131
- 4 Zhang Yanxin, et al. *Optical Computing and Processing*, 1992, 2(1), 3~8
- 5 高成群, 黄五群, 沈翠婉, 等. *红外与毫米波学报*, 1992, 11(1), 69~75
- 6 孙颖, 李清, 张延新, 等. *红外与毫米波学报*, 1995, 14(1), 47~51
- 7 Shen Jinyuan, Ding Tieying, Zhang Yanxin, et al. *Opt. Lett.*, 1994, 19(24):

STUDY ON BINARY INTERCONNECTION WEIGHT WITH ROTATION INVARIANCE*

Shen Jinyuan Zhang Yanxin Li Yuhua Mu Guoguang
(Institute of Modern Optics, Nankai university, Tianjin 300071, China)

Abstract The linear-combination Clipped method was used to obtain an original binary interconnection weight between the input layer and the middle layer of the WTA neural network model. This interconnection weight makes the WTA model with the rotation invariance. To improve the rate of correct recognition of the system the Local Monte Carlo was used to obtain the optimum interconnection weight. A computer simulation was completed for four kinds of flyers. The results of the experiment demonstrated that the WTA model is suitable for recognizing the rotating objects. A hybrid electro-optic system was presented to implement the WTA model.

Key words WTA neural network model, interconnection weight, binary.

* The project partly supported by the National Natural Science Foundation of China